

CAD/CAM/CAE工程应用丛书 UG系列

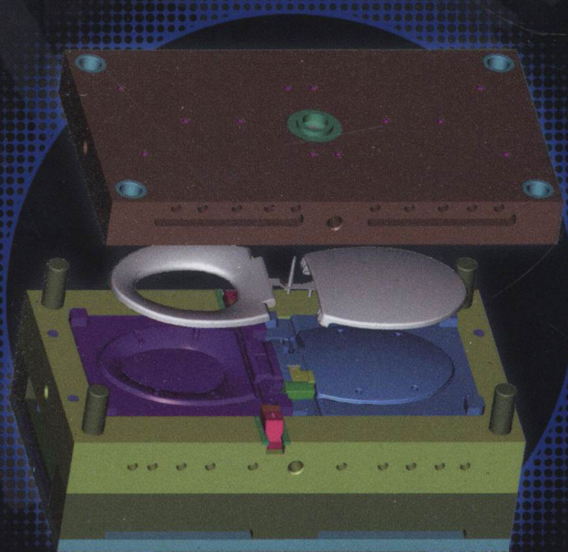
UG NX 8.5数控加工入门与实例精讲

第2版

陈 平 郑贞平 等编著

本书核心内容包含

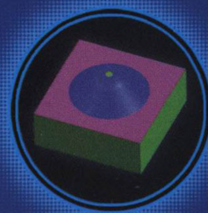
- UG NX 8.5数控加工入门
- 平面铣和表面铣
- 型腔铣和深度加工轮廓铣
- 固定轴轮廓铣
- 点位加工
- 底板数控加工
- 砂芯模具型腔加工
- 电极的数控加工实例





附赠超值 CD 光盘
视频操作+范例素材







机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



VISIT…

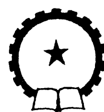
LANZAROTE Caliente.com

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书 • UG 系列

UG NX 8.5 数控加工入门与实例精讲

第 2 版

陈　平　郑贞平　等编著



机 械 工 业 出 版 社

本书详细介绍了 UG NX 8.5 中文版数控加工的基本功能、基本过程、方法和技巧。本书共分为 10 章，主要内容包括 UG NX 8.5 数控加工入门及基础知识、平面铣和表面铣、型腔铣和深度加工轮廓铣、固定轴轮廓铣和点位加工。通过对底板、砂芯模具型腔、电极的数控加工实例进行讲解，介绍了 UG NX 8.5 数控加工的方法和技巧。

本书可作为大专院校 CAD/CAM 课程的教材，也可作为广大工程技术人员的自学用书或参考书，还可作为相关专业的培训机构的培训用书。

图书在版编目（CIP）数据

UG NX 8.5 数控加工入门与实例精讲 / 陈平等编著. —2 版. —北京：机械工业出版社，2014.10

（CAD/CAM/CAE 工程应用丛书）

ISBN 978-7-111-48765-4

Ⅰ. ①U… Ⅱ. ①陈… Ⅲ. ①数控机床－加工－计算机辅助设计－应用软件 Ⅳ. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 282665 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：张淑谦　　责任校对：张艳霞
责任编辑：张淑谦
责任印制：乔　宇

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2015 年 1 月第 2 版 • 第 1 次印刷

184mm×260mm • 23.5 印张 • 579 千字

0001－3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-48765-4

　　　　　ISBN 978-7-89405-601-6（光盘）

定价：65.00 元（含 1CD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务　　网络服务
服务咨询热线：（010）88361066　　机 工 官 网：www.cmpbook.com
读者购书热线：（010）68326294　　机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
　　　　　　　（010）88379203　　教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版　　金 书 网：www.golden-book.com

出 版 说 明

随着信息技术在各领域的迅速渗透，CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用，从根本上改变了传统的设计、生产与组织模式，对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早，使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计，而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发，以保持自己在技术上的领先地位和在国际市场上的优势。CAD 在工程中的应用，不但可以提高设计质量，缩短工程周期，还可以节约大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性，掌握其中的一种或几种软件的使用方法和技巧，已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而，仅仅掌握简单的软件操作方法还是远远不够的，只有将计算机技术和工程实际结合起来，才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑，机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的“CAD/CAM/CAE 工程应用丛书”。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/ENGINEER、UG、SolidWorks、Mastercam、ANSYS 等软件在机械设计、性能分析、制造技术方面的应用和 AutoCAD、天正建筑 CAD 软件在建筑及室内配景图、建筑施工图、室内装潢图、水暖施工图、空调布线图、电路布线图以及建筑总图绘制等方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作，配以大量具有代表性的实例，并融入了作者丰富的实践经验。本套丛书具有专业性强、操作性强、指导性强的特点，是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

前　言

UG NX 8.5 是由西门子公司推出的面向制造行业的 CAD/CAM/CAE 软件，是当今主流的工业设计软件之一。它集合了概念设计、工程设计、分析与加工制造的功能，实现了优化设计与产品生产过程的组合，现在广泛应用于机械、汽车、模具、航空航天、消费电子和医疗仪器等各个行业。

本书通过重点讲解 UG NX 8.5 数控加工的基础知识，并以实例导航的形式，把 UG NX 8.5 数控加工编程的各种技术表达出来，让读者学以致用、快速上手和提高。

本书从工程实用的角度出发，详细介绍了 UG NX 8.5 中文版数控加工的基本功能、基本过程、方法和技巧。全书共分为 10 章，主要内容包括 UG NX 8.5 数控加工入门及基础知识、平面铣和表面铣、型腔铣和深度加工轮廓铣、固定轴轮廓铣和点位加工。通过对底板、砂芯模具型腔、电极的数控加工实例的讲解，介绍了 UG NX 8.5 数控加工的方法和技巧。

本书的主要特色如下：

（1）本书作者既包括有着多年企业实践经验的一线工程师，也包括多年从事培训和教育工作的专家。本书是作者对数控加工编程经验的归纳与总结，深入浅出地讲解了 UG NX 8.5 中文版数控加工编程的过程、方法与技巧。

（2）本书从零讲起，对软件常用操作、数控加工常用技术与技巧进行专门介绍。无论读者此前有无软件基础或者数控加工基础，都可以轻松高效地学习。

（3）全书实例丰富、代表性强、技术含量高，实例全部来自一线工厂实践，具有较强的实用性、指导性和可操作性。通过对本书的学习，读者可以掌握常见零件数控加工编程的方法和技巧。

本书配有光盘，包括书中所有实例素材文件。本书可供广大 UG 初中级用户、企业的数控编程技术员使用，也可作为大中专院校相关专业学生和相关培训班学员的教材。

本书主要由陈平、郑贞平编写，参与编写的还有曹成、朱耀武和李全兴。由于作者的水平有限，书中不足和疏漏之处恳请广大读者批评指正，以便我们今后改进。读者建议和问题可发邮件至 Refreh@18.53.com。

编　者

目　录

出版说明

前言

第 1 章　UG NX 8.5 数控加工入门 ……… 1

1.1　UG NX 8.5 数控加工简介 ………… 1

1.1.1　UG NX 8.5 软件的历史 ………… 1

1.1.2　UG NX 8.5 CAM 实现加工的基本原理 ………… 2

1.2　UG NX 8.5 界面介绍 ………… 4

1.2.1　界面功能区 ………… 4

1.2.2　UG NX 8.5 界面介绍 ………… 5

1.3　UG NX 8.5 常用的工具 ………… 7

1.3.1　对象的选择 ………… 7

1.3.2　分析工具 ………… 8

1.3.3　点构造器 ………… 10

1.3.4　平面构造器 ………… 13

1.3.5　矢量构造器 ………… 15

1.3.6　坐标系构造器 ………… 16

1.3.7　数据交换 ………… 19

1.3.8　模型显示 ………… 20

1.3.9　层操作 ………… 21

1.4　UG NX 8.5 操作导航器和数控加工主要工具条 ………… 24

1.4.1　操作导航器 ………… 24

1.4.2　加工创建工具条 ………… 26

1.5　UG NX 8.5 加工的基本过程 ……… 30

1.5.1　打开模型 ………… 30

1.5.2　初始化加工环境 ………… 30

1.5.3　创建加工操作 ………… 31

1.5.4　模拟检验 ………… 32

1.5.5　后处理 ………… 34

1.5.6　后处理实例 ………… 38

第 2 章　NX 8.5 数控加工基础知识 ………… 40

2.1　数控程序编制基础 ………… 40

2.1.1　数控程序的基本结构 ………… 41

2.1.2　常用的数控指令 ………… 43

2.1.3　典型实例 ………… 46

2.1.4　CAM 数控加工工艺 ………… 47

2.2　UG NX 数控加工的基本步骤及思想 ………… 50

2.2.1　基本步骤 ………… 50

2.2.2　基本思想 ………… 53

2.2.3　编制高质量的数控程序 ………… 53

2.3　加工的基本概念和通用参数 ……… 54

2.3.1　UG NX 8.5 CAM 和 UG NX 8.5 CAD 的关系 ………… 54

2.3.2　加工术语和定义 ………… 54

2.3.3　设置加工默认参数 ………… 55

2.3.4　安全高度 ………… 58

2.3.5　余量和公差的设置和意义 ………… 58

2.3.6　创建刀具 ………… 58

2.3.7　切削步距 ………… 63

3.3.8　切削步长 ………… 66

2.3.9　顺铣和逆铣 ………… 66

2.3.10　刀具轴的控制 ………… 66

2.3.11　进给率和主轴转速的设定 ………… 67

2.3.12　刀轨显示 ………… 69

2.3.13　过切检查 ………… 70

2.3.14　清除所有 CAM 数据 ………… 71

2.4　创建几何体 ………… 72

2.4.1　创建几何体的一般步骤 ………… 72

2.4.2　创建加工坐标系 ………… 73

2.4.3　创建铣削几何 ………… 74

2.5　UG NX 8.5 其他基本操作 ………… 77

2.5.1　创建程序 ………… 77

2.5.2　创建加工方法 ………… 77

2.5.3　用户模板设置 ………… 78

2.6　加工坐标系的创建实例 ………… 78

第 3 章　平面铣和表面铣 ········ 81
3.1　平面铣概况 ········ 81
3.1.1　平面铣加工概述 ········ 81
3.1.2　平面铣加工的特点和应用 ········ 82
3.1.3　平面铣操作模板介绍 ········ 82
3.2　平面铣加工的几何体 ········ 87
3.2.1　平面加工几何体的类型 ········ 87
3.2.2　边界类型 ········ 88
3.2.3　边界的创建 ········ 90
3.2.4　边界的编辑 ········ 94
3.3　平面铣加工的操作参数设置 ········ 96
3.3.1　常用切削方法的选用 ········ 96
3.3.2　用户化参数设置 ········ 101
3.3.3　切削深度 ········ 102
3.3.4　切削参数 ········ 105
3.3.5　非切削移动 ········ 112
3.3.6　机床控制 ········ 123
3.4　表面铣 ········ 126
3.4.1　平面铣和表面铣的相同点与不同点 ········ 126
3.4.2　表面铣概述 ········ 126
3.4.3　表面铣的几何体 ········ 127
3.4.4　底面和壁 ········ 128
3.4.5　面铣削的参数设置 ········ 131
3.4.6　混合切削方法 ········ 132
3.5　平面铣加工实例 ········ 134
3.5.1　打开文件并进入加工环境 ········ 134
3.5.2　创建几何体 ········ 135
3.5.3　创建刀具 ········ 137
3.5.4　粗加工－创建平面铣工序 ········ 138
3.5.5　槽侧平面的精加工 ········ 142
3.5.6　底面精加工－创建底面和壁工序 ········ 143
第 4 章　型腔铣和深度加工轮廓铣 ········ 147
4.1　型腔铣概述 ········ 147
4.1.1　型腔铣和平面铣的比较 ········ 147
4.1.2　型腔铣的适用范围 ········ 148
4.1.3　型腔铣的特点 ········ 148
4.1.4　型腔铣操作模板介绍 ········ 149
4.2　型腔铣加工的几何体 ········ 150
4.2.1　型腔铣操作几何体的类型 ········ 150
4.2.2　部件几何体 ········ 151
4.2.3　毛坯几何体 ········ 152
4.2.4　检查几何体 ········ 153
4.2.5　切削区域 ········ 153
4.2.6　修剪边界 ········ 154
4.3　型腔铣加工的操作参数设置 ········ 155
4.3.1　型腔铣参数与平面铣参数的异同 ········ 155
4.3.2　切削层 ········ 155
4.3.3　切削参数 ········ 159
4.4　深度加工轮廓铣 ········ 166
4.4.1　深度加工轮廓铣的特点及应用 ········ 166
4.4.2　创建深度加工轮廓铣操作 ········ 166
4.4.3　深度加工轮廓铣的几何体 ········ 166
4.4.4　深度加工轮廓铣重要参数设置 ········ 167
4.4.5　深度加工轮廓铣的切削参数 ········ 168
4.5　型腔铣加工实例 ········ 172
4.5.1　加工工艺分析 ········ 173
4.5.2　加工方案 ········ 173
4.5.3　打开文件并进入加工环境 ········ 173
4.5.4　创建粗加工工序 ········ 174
4.5.5　创建半精加工 ········ 181
4.5.6　创建精加工 ········ 184
4.6　深度加工轮廓铣加工实例 ········ 185
4.6.1　零件表面的半精加工 ········ 185
4.6.2　侧面精加工 ········ 190
第 5 章　固定轴轮廓铣 ········ 193
5.1　固定轴轮廓铣概述 ········ 193
5.1.1　固定轴轮廓铣的应用和特点 ········ 193
5.1.2　固定轴轮廓铣的几个重要概念 ········ 194
5.1.3　固定轴轮廓铣工序模板介绍 ········ 194
5.2　固定轴轮廓铣的驱动方式 ········ 195
5.2.1　曲线/点驱动方法 ········ 196
5.2.2　螺旋驱动方法 ········ 198
5.2.3　边界驱动方法 ········ 199
5.2.4　区域铣削驱动方法 ········ 205
5.2.5　曲面驱动方法 ········ 206

5.2.6 流线驱动方法 209
5.2.7 刀轨驱动方法 210
5.2.8 径向切削驱动方法 211
5.2.9 清根驱动方法 212
5.2.10 文本驱动方法 214
5.2.11 用户定义驱动方法 215
5.3 固定轴轮廓铣的操作参数设置 215
5.3.1 刀轴 215
5.3.2 切削参数 218
5.3.3 非切削运动 222
5.4 固定轴轮廓铣加工实例 226
5.4.1 实例 1——倒圆处精加工 226
5.4.2 实例 2——倒圆处精加工 231
第 6 章 点位加工 236
6.1 点位加工概述 236
6.1.1 点位加工的特点 236
6.1.2 点位加工的适用范围 237
6.1.3 点位加工的基本概念 237
6.1.4 创建点位加工的基本步骤 238
6.2 设置点位加工几何 239
6.2.1 指定加工位置 240
6.2.2 优化刀具路径 244
6.2.3 避让 247
6.2.4 圆弧轴控制 247
6.2.5 显示 / 校核循环参数组 248
6.2.6 定义部件顶面 248
6.2.7 部件底面设置 249
6.3 循环控制 249
6.3.1 循环类型 249
6.3.2 循环参数组 253
6.3.3 设置循环参数 254
6.4 一般参数设置 257
6.4.1 最小安全距离 257
6.4.2 深度偏置 258
6.4.3 避让 259
6.4.4 进给率和机床控制 259
6.5 点位加工的实例 259
6.5.1 打开文件并进入加工环境 259
6.5.2 创建钻孔加工操作 259
6.5.3 锪孔 263
第 7 章 UG NX 8.5 数控加工的其他功能及应用 266
7.1 插铣加工 266
7.1.1 插铣加工概述 266
7.1.2 创建插铣加工的基本步骤 267
7.1.3 插铣层 267
7.1.4 切削参数 268
7.2 多轴加工技术概述 269
7.2.1 多轴加工的基本概念 269
7.2.2 可变轴曲面轮廓铣概述 270
7.2.3 创建可变轴曲面轮廓铣的基本步骤 272
7.2.4 顺序铣概述 274
7.3 自定义模板 277
7.3.1 创建用户操作模板和节点模板 277
7.3.2 用户定制加工环境 279
7.4 装配加工 281
7.4.1 主模型的概念 282
7.4.2 加工装配 282
7.5 输出车间工艺文件 282
7.5.1 车间工艺文件的用途 282
7.5.2 输出车间工艺文件 283
7.6 UG NX 8.5 高速加工简介 283
7.6.1 高速加工概述 283
7.6.2 高速加工编程方法 286
第 8 章 底板数控加工 287
8.1 实例分析 287
8.1.1 实例分析 287
8.1.2 加工工艺方案 288
8.2 具体的加工步骤 288
8.2.1 打开文件并进入加工环境 288
8.2.2 确定加工坐标系 288
8.2.3 创建几何体 290
8.2.4 创建刀具 291
8.2.5 创建粗加工操作 293
8.2.6 二次粗加工 298
8.2.7 精加工所有侧面 300

8.2.8 精加工所有底面 ······ 303
8.2.9 创建中心钻 ······ 304
8.2.10 钻孔 ······ 308
8.2.11 铰孔 ······ 310
8.2.12 锪孔 ······ 311
第 9 章 砂芯模具型腔加工 ······ 313
9.1 实例分析和加工方案 ······ 313
9.1.1 实例整体分析 ······ 313
9.1.2 加工工艺分析 ······ 313
9.1.3 生成刀轨的编程步骤 ······ 313
9.1.4 加工方案 ······ 314
9.2 具体的加工步骤 ······ 315
9.2.1 打开文件并进入加工环境 ······ 315
9.2.2 创建刀具 ······ 315
9.2.3 创建加工坐标系 ······ 316
9.2.4 设置加工方法 ······ 317
9.2.5 创建粗加工操作 ······ 318
9.2.6 二次粗加工 CAV_ROU2 ······ 322
9.2.7 半精加工 CAV_SEMI1 ······ 323
9.2.8 曲面精加工 ······ 325
第 10 章 电极的数控加工实例 ······ 331
10.1 实例分析和确定加工方案 ······ 331
10.1.1 加工工艺分析 ······ 331
10.1.2 技术难点分析 ······ 332
10.1.3 生成刀轨的编程步骤 ······ 332
10.1.4 加工方案 ······ 332
10.2 具体的加工步骤 ······ 333
10.2.1 打开文件并进入加工模块 ······ 333
10.2.2 创建程序组 ······ 333
10.2.3 创建刀具 ······ 334
10.2.4 确定加工坐标系和几何体 ······ 335
10.2.5 粗加工 ······ 337
10.2.6 下层侧面半精加工 ······ 342
10.2.7 下层侧面精加工 ······ 347
10.2.8 下层底面精加工 ······ 350
10.2.9 中间侧壁精加工 ······ 352
10.2.10 中间底面精加工 ······ 354
10.2.11 顶面精加工 ······ 355
10.2.12 顶部曲面半精加工 ······ 358
10.2.13 顶部曲面精加工 ······ 362

第 1 章　UG NX 8.5 数控加工入门



数控加工在现代产品和模具生产中有着举足轻重的地位，得到了广泛的应用。数控加工是通过计算机来控制数控机床进行加工的，因此编制数控加工程序是十分关键的一环，理想的加工程序不仅能保证加工出符合设计要求的合格的工件，同时可使数控机床功能和刀具性能得到充分发挥，并可以安全可靠地进行工作。

1.1　UG NX 8.5 数控加工简介

NX 8.5 是西门子公司的 PLM 产品的核心组成部分，它是一个由 CAD/CAM/CAE 三大系统紧密集成的大型软件，是当前航空航天、汽车、摩托车、机械制造、模具等领域中应用范围最广的 CAD/CAM/CAE 软件之一。

所谓数控加工，主要是指用记录在媒体上的数字信息对机床实施控制，使其自动执行规定的加工任务。数控加工可以保证产品达到较高的加工精度和稳定的加工质量；操作过程容易实现自动化，生产率高；生产准备周期短，可以大量节省专用工艺装备，适应产品快速更新换代的需要，大大缩短产品的研制周期；数控加工与计算机辅助设计紧密结合在一起，可以直接从产品的数字定义产生加工指令，保证零件具有精确的尺寸及准确的相互位置精度，保证产品具有高质量的互换性；产品最后用三坐标测量机检验，可以严格控制零件的形状和尺寸精度。在零件形状越复杂，加工精度要求越高，设计更改越频繁，生产批量越小的情况下，数控加工的优越性就越容易得到发挥。数控加工系统在现代机械产品中占有举足轻重的地位，得到了广泛的应用。

1.1.1　UG NX 8.5 软件的历史

NX（又称 UG）软件由美国麦道飞机公司开发，于 1991 年 11 月并入世界上最大的软件公司——EDS（电子资讯系统有限公司），该公司通过实施虚拟产品开发（VPD）的理念提供多极化、集成的、企业级的软件产品与服务的完整解决方案。

UG 由第 19 版开始改名为 NX1.0，此后又相继发布了 NX2、NX3、NX4、NX5、NX6、NX7 和 NX8，当前最新的版本为 UG NX 8.5，该版本于 2012 年上半年正式发布。这些版本均为多国语言版本，在安装时可以选择所使用的语言。并且 UG NX 的每个新版本均是对前一版本的更新，在功能上有所增强。而各个版本在操作上没有大的改变，因而本书可以适用于 UG NX 各个版本的学习。

同以往使用较多的 AutoCAD 等通用绘图软件比较，UG NX 直接采用统一的数据库、矢量化和关联性处理、三维建模同二维工程图相关联等技术，大大节省了用户的设计时间，提高了工作效率。

UG NX 主要为汽车与交通、航空航天、日用消费品、通用机械以及电子工业等领域通

过其虚拟产品开发（VPD）的理念提供多极化的、集成的、企业级的包括软件产品与服务在内的完整的 MCAD 解决方案。

NX 8.5 软件在现有功能的基础上增加了一些新功能和许多客户驱动的增强功能，这些改进有助于缩短创建、分析、交换和标注数据所需的时间。NX 8.5 引入了一些新的仿真功能，增加了新的优化和多物理场解算方式，有助于更快速地制作和更新精度更高的分析模型，并大幅缩短结构分析、热分析和流体分析的解算时间（幅度高达 25%）。新的功能不仅能够加快 NC 编程和加工的速度、形成质量检测闭环、管理工装库，而且可以将 NC 工作数据包直接连接至车间，从而提升零件制造生产效率。

NX 提供的加工模块具有强大的功能，使用 NX 可以轻松地编制出各种复杂零件的数控加工程序；可以实现各种复杂零件的粗（精）加工编程，用户可以根据零件结构、加工表面形状和加工精度要求选择合适的加工方式；在每种加工类型中包含了多个加工模板，应用加工模板可快速建立加工工序；应用可视化功能，可以在屏幕上显示刀具轨迹，模拟刀具的真实切削过程。完成操作创建后，用户还可以通过后置处理功能生成指定机床可以识别的 NC 程序。

1.1.2 UG NX 8.5 CAM 实现加工的基本原理

UG NX 8.5 CAM 的功能强大，应用它可以进行 NC 程序编写，但是学习内容比较多，因此要学好 UG NX 8.5 CAM，关键在于多实际操作，反复练习，通过实际操作来理解和掌握 NC 程序编写的技能。一旦掌握了 UG NX 8.5 CAM，NC 程序编写工作将变得轻松容易。

所谓 CAM（Computer Aided Manufacturing，计算机辅助制造），即借助计算机强大的计算功能，针对特定的工件特征及轮廓进行分析，以自动产生可加工特定工件的数控机床 NC 程序。就一般的机械零件而言，若其工件特征为简单形式，则数控机床的编程人员可以人工方式编写相应的 NC 程序，但若工件特征相当复杂，其 NC 程序的编写则非编程人员以人工方式所能完成的，此时唯有借助计算机的辅助及相关计算原理自动产生 NC 程序。由于计算机可自动绘制出刀具中心运动轨迹，编程人员可及时检查程序是否正确，需要时可及时修改，以获得正确的程序。又由于计算机自动编程代替程序编制人员完成了烦琐的数值计算，可将编程效率提高几十倍乃至上百倍，因此解决了手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题。因而，自动编程的特点就在于编程工作效率高，可解决复杂形状零件的编程难题。

1．NX 8.5 CAM 系统简介

NX 8.5 CAM 系统可以提供全面的、易于使用的功能，以解决数控刀轨的生成、加工仿真和加工验证的问题。NX 8.5 CAM 系统所提供的单一制造方案可以高效地加工普通的孔到飞机螺旋桨的所有零件。

NX 8.5 CAM 系统提供了范围极广的功能，它不但可以支持多极化的不同模块选择以满足客户的需要，还可以方便地采用不同的配置方案来更好地满足其特定的工业需求。在汽车工业方面，NX 8.5 CAM 系统强大的铣削功能对于加工注塑模具、铸造模具和冲压模具以及精加工都极为合适；在航空航天工业方面，NX 8.5 CAM 系统可以很好地满足了制造飞机机身和涡轮发动机的零部件都需要进行多轴加工的要求；在通用机械方面，NX 8.5 CAM 为通用机械工业提供了多种专业的解决方案，比如高效的平面铣加工，对于通用产品特征的加工可以实现高效的自动化。另外，NX 8.5 CAM 系统提供了兼容多种 CAD 系统的功能，可以

接收很多不同的 CAD 系统产生的几何数据，NX 8.5 CAM 系统支持所有主要的 CAD 系统，包括 Ideas、Solid Edge 、Pro/E、CATIA 等。

2．NX 8.5 CAM 系统的特点

NX 8.5 CAM 系统尽管具有全面而又复杂的功能，但其仍然极为简单易用。NX 8.5 CAM 系统可以为用户提供面向过程的解决方案，从而优化生产的速度。NX 8.5 CAM 系统所提供的高速铣、多轴铣、预定义加工模板和过程助手可以帮助企业充分挖掘公司加工设备的资源。NX 8.5 CAM 系统具有极为广泛的功能，可满足所有的关键制造工业的不同需求，并且其独特的、面向过程的解决方案可以满足制造企业的特殊需求，其功能包括平面铣、三轴轮廓铣、多轴铣、车铣复合加工、线切割和钣金制造。



在加工基础模块中包含以下加工类型：

（1）点位加工。可产生点钻、扩、镗、铰和攻螺纹等操作的刀轨轨迹。

（2）平面铣。用于平面轮廓或平面区域的粗、精加工，刀具平行于工件底面进行多层铣削。

（3）型腔铣。用于粗加工型轮廓或区域。它根据型腔的形状，将要切除的部位在深度方向上分成多个切削层进行层切削，每个切削层可指定不同的切削深度。切削时，刀轴与切削层平面垂直。

（4）固定轴曲面轮廓铣削。它将空间的驱动几何投射到零件表面上，驱动刀具以固定轴形式加工曲面轮廓，主要用于曲面的半精加工与精加工。

（5）可变轴曲面轮廓铣。与固定轴铣相似，只是在加工过程中变轴铣的刀轴可以摆动，可满足一些特殊部位的加工需要。

（6）顺序铣。用于连续加工一系列相接表面，并对面与面之间的交线进行清根加工。

（7）车削加工。车削加工模块提供了加工回转类零件所需的全部功能，包括粗车、精车、切槽、车螺纹和钻中心孔。

（8）线切割加工。线切割加工模块支持线框模型程序编制，提供了多种走刀方式，可进行 2～4 轴线切割加工。

后置处理模块包括图形后置处理器和 UG 通用后置处理器，可格式化刀轨轨迹文件，生成指定机床可以识别的 NC 程序，支持 2～5 轴铣削加工、2～4 轴车削加工和 2～4 轴线切割加工。其中 UG 通用后置处理器可以直接提取内部刀轨轨迹进行后置处理，并支持用户制定的后置处理命令。

UG NX 将智能模型（Master Model）的概念在 UG/CAM 的环境中发挥得淋漓尽致，不仅包含了 3D CAD 模型、与 NC 路径的完整关联性，且更易于缩减文件大小以及刀具轨迹的管理，另外，以高速切削为发展基础的参数设定环境，更能确保刀具轨迹的稳定可靠与良好的加工品质。

3．刀具及工艺资源管理

NX 8.5 CAM 系统提供多极化的资源管理，包括可以由用户自己创建和扩展的集成数据以及外部数据库，可实现对刀具、机床工具以及进给和切削速度的全面管理。NX 8.5 CAM 系统可以帮助在产品变更时快速地确定生产设备，节省时间并帮助企业作出准确经济的决策。资源库可以由用户自行定义，并具有强大的查询功能。用户所选择的资源可以通过二维或三维图形的方式来确定。CAM 数据库提供了多种专业的访问机制，可从中提取如下信

息：机床工具、刀具、卡具、进给量和速度。

1.2 UG NX 8.5 界面介绍

UG NX 8.5 的界面与以前的版本的界面基本一样，但还是有一定的区别，其界面的功能全部采用按钮和对话框表达，操作非常直观。

UG NX 8.5 中文版的界面风格完全是窗口式的，用户可以使用熟悉的 Windows 操作技巧来操作 UG NX 8.5，例如用户可以利用窗口标题栏上的▁、🗗、✕按钮来最小化窗口、恢复窗口、关闭窗口。UG NX 8.5 中文版的界面设置使用视窗风格，简单明快，用户可以方便快捷地找到所需要的工具按钮。UG NX 8.5 中文版的界面中主要包括以下几部分：工作图形区、窗口标题栏、菜单栏、提示栏、状态栏、工具条、快捷菜单、当前图形设置区、操作导航器、导航按钮、选择过滤器、资源条和工作坐标系等。

1.2.1 界面功能区

在 Windows 环境下，单击桌面上的 NX 8.5 快捷图标，打开 UG NX 8.5 的欢迎界面，系统初始化后，进入初始界面。单击“标准”工具条上的“新建”按钮🗋，在系统弹出的“新建”对话框中的“名称”文本框中输入新文件名，然后单击“确定”按钮，进入 UG NX 8.5 的基本环境，单击“开始”按钮，系统弹出其下拉列表，如图 1-1 所示。

在 UG NX 8.5 的基本环境中，选择“开始”下拉列表中的“加工”选项，会打开“加工环境”对话框，如图 1-2 所示。



图 1-1 基本环境界面



图 1-2 “加工环境”对话框

“加工环境”对话框包含了两个列表框，“CAM 会话配置”列表框中列出的是随 UG 软件提供的一些加工环境，可根据需要选择一个加工环境，其中 cam_general 加工环境是一个通用的加工环境，基本包含了所有的铣加工功能、车加工功能，以及电火花线切割功能。因此，通常情况下都默认使用 cam_general 加工环境。

当在“CAM 会话配置”列表框中选定一种加工环境时，在“要创建的 CAM 设置”列表框就会显示出这个加工环境中的所有操作模板类型。每一种操作模板类型是若干操作模板的集合。

此时必须指定一种默认的操作模板类型，不过在进入加工环境后，用户可以随时将其更改为其他操作模板类型。单击“确定”按钮，系统初始化并进入加工环境。

1.2.2 UG NX 8.5 界面介绍

UG NX 8.5 中文版的常见工作界面如图 1-3 所示。UG NX 8.5 中文版的工作界面会因为使用环境的不同而有所不同，用户可以根据自己的需要进行定制，一般用户都是按照自己的操作习惯和个人爱好设定，用户可以在屏幕上任意移动工具条的内容和位置及弹出的对话框。

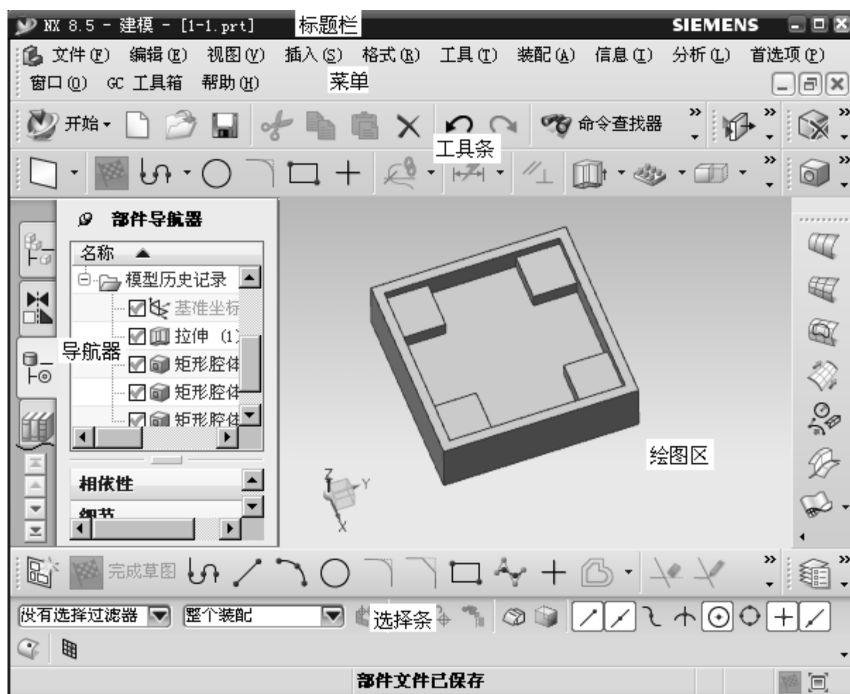


图 1-3 UG NX 8.5 中文版的操作界面

1. 主菜单

主菜单包含了 UG NX 8.5 软件所有的主要功能，位于主窗口的顶部，在窗口标题栏的下面，如图 1-4 所示。主菜单是下拉菜单，系统将所有的指令和设置选项予以分类，分别放置在不同的下拉菜单中，单击主菜单栏中任何一个功能时，系统将会弹出下拉菜单，同时显示出该功能菜单包含的有关指令，每一个指令的前后可能有一些特殊标记。其中包括以下几种。

1）三角形符号（▸）：当菜单中某个命令不只含有单一功能时，系统会在命令字段右上方显示三角形符号，选择此命令后，系统会自动出现子菜单，如图 1-4 所示。

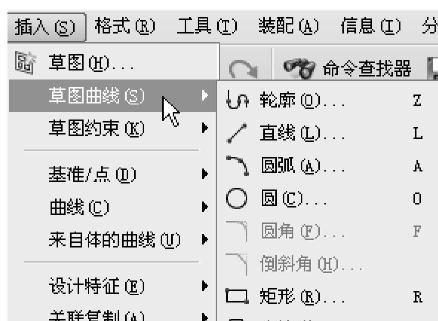


图 1-4 “插入”菜单

2）右方的文字：菜单中命令段右方的文字，如 Ctrl＋D，表示该命令的快捷键。

3）点号（…）：菜单中某个命令将以对话框的方式进行设置时，系统会在命令段后面加上点号（…），选择此命令后，系统会自动弹出对话框。

4）括号加注文字：当命令后面的括号中标有某个字符时，则该字符为系统记忆的字符。在进入菜单后，按下此字符键则系统会自动选择该命令。

2．工具条

工具条在菜单栏的下面，它以简单直观的图标来表示每个工具的作用，UG NX 8.5 具有大量的工具条供用户使用，只要单击工具条中的图标按钮就可以启动相对的 UG NX 8.5 软件的功能。在 UG NX 8.5 中，几乎所有的功能都可以通过单击工具条上的图标按钮来启动，UG NX 8.5 的工具条可以按照不同的功能组别分成若干类，工具条可以以固定或浮动的形式出现在窗口中。如果将鼠标指针停留在工具条按钮上，将会出现该工具对应的功能提示。工具条中的图标按钮显示为灰色，表示该图标功能在当前工作环境下无法使用。

3．标题栏

在 UG NX 8.5 中文版的工作界面中标题栏的用途与常见的 Windows 应用软件的标题栏用途基本上相同。标题栏上主要显示该软件的版本、使用某应用的模块名称和当前正在操作的文件及状态。

4．绘图区

绘图区即是 UG NX 8.5 的工作区，它占有屏幕的大部分空间，以窗口的形式出现，主要用于显示图形的图素、刀具路径结果、曲面和产品的分析结果等。

5．导航器

导航器位于屏幕的右侧，提供常用的导航器的按钮，如操作导航器、部件导航器、装备导航器、机床导航器等。一般情况下，导航器处于隐藏状态，当单击导航器某一按钮时，导航器会显示出来。

6．状态栏和提示栏

状态栏位于提示栏的右方，主要用来显示系统及图素的状态。如当鼠标在某条直线旁时，状态栏会显示 Line（数据）。

提示栏位于屏幕的最下方，主要用来提示操作者的步骤。在执行每个指令步骤时，系统均会在提示栏中显示使用者必须执行的动作，或提示使用者的下一个动作。UG NX 8.5 有很多指令，用户不可能记住所有指令的操作过程，当用户忘记某些不常用的指令步骤时，就可以看提示栏了。如果是一个初学者，每做一步都要看看提示栏。

1.3 UG NX 8.5 常用的工具

1.3.1 对象的选择

对象选择是最常用的操作，UG NX 8.5 中有类选择器和选择条工具条等方式来选择对象。

1．类选择器

在 UG NX 8.5 各模块的使用过程中，经常需要选择对象。通过限制选择对象的类型、图层、颜色及属性等选项，可以快速地选择对象，方便用户操作，类选择器的功能列于表 1–1 中。

表 1–1 类选择器

功　　能	实 现 方 式
删除（Delete）	选择“编辑”→“删除”命令
隐藏 / 不隐藏（Blank / Unblank）	选择“编辑”→“显示隐藏”菜单下的命令
变换（Transform）	选择“编辑”→“变换”命令
信息（Information）	选择“信息”→“对象”命令
层移动/复制（Layer Move/Copy）	选择“格式”→“移动至图层”/“复制至图层” 命令
成组/解组（Group/Ungroup）	选择“格式”→“组”菜单下的命令
对象显示（Object Display）	选择“编辑”→“对象显示”/“对象颜色” 命令

当需要选择对象时，系统将弹出如图 1–5 所示的“类选择”对话框，其各选项介绍如下。

（1）“过滤器”选项组

该选项组中提供了 5 种直接过滤方式，即类型过滤器、图层过滤器、属性过滤器、重置过滤器和颜色过滤器。

“类型过滤器”：按对象类型过滤，即只能选择指定类型的对象。单击该按钮，系统弹出如图 1–6 所示的“根据类型选择”对话框，可以在列表框中选择所需要的类型。注意单击对话框下端的“细节过滤”按钮，可以进一步限制类型。



图 1–5 “类选择”对话框



图 1–6 “根据类型选择”对话框

“图层过滤器”：按对象所在层进行过滤，即只能选择指定层的对象。单击该按钮，弹出相应的层选择对话框，选择需要的层即可。

“属性过滤器”：单击该按钮，系统弹出“按属性选择”对话框，其中显示用于过滤对象的所有其他属性。还可以单击“用户自定义属性”按钮，弹出“属性过滤器”对话框，然后在其中设置所需的过滤属性。

“重置过滤器”：恢复默认的过滤方式，即可以选择所有的对象。

“颜色过滤器”：按对象颜色过滤，即可以选择指定颜色的对象。

（2）“对象”选项组

通过该选项组可选择对象，经常使用的选项方法如下。

1）在图形窗口内单击对象。

2）在图形窗口内拖动鼠标成矩形区域选择对象。

3）单击“全选”按钮，则选择所有满足过滤条件的对象。

4）单击“反向选择”按钮，则选择所有满足过滤条件且暂时未被选中的对象。

取消已选择对象的方法：按住〈Shift〉键，移动鼠标选择已选的对象，再单击鼠标左键即可取消已选择对象，用鼠标左键拖出一个矩形包围欲取消选择的对象，可取消一个或多个已选对象。

2．选择条工具条

“选择条”工具条如图 1-7 所示，可以在该工具条中左边的下拉列表中指定具体的选择类型，列表中根据不同的工作环境自动变换内容，使用方便。



图 1-7 “选择条”工具条

1.3.2 分析工具

UG NX 8.5 不仅具有强大的三维建模和加工功能，还能对所建立的模型进行几何计算和物理分析。在这里只是从加工角度出发，介绍几个常用和关键的命令。在确定加工步骤并决定选择什么刀具之前，以及在加工过程中，都需要对模型进行分析和测量，最常用到的是距离和角度的测量以及曲线和曲面半径的分析。

1．测量距离

选择菜单命令“分析”→“测量距离”，或单击“实用工具”工具条中的“测量距离”按钮，系统弹出如图 1-8 所示的“测量距离”对话框。在“类型”下拉列表中选择不同的类型，对话框也会有所不同。可以测量两点之间的距离、两个平面之间的距离、点和平面之间的距离、曲线长度、弧长、圆弧半径等数值。一般测量的是 3D 距离或者在 X、Y、Z 3 个轴向上的距离。

2．测量角度

选择菜单命令“分析”→“测量角度”，或单击“分析”工具条中的“测量角度”按钮，系统弹出如图 1-9 所示的“测量角度”对话框。在“类型”下拉列表中选择不同的类型，对话框也会有所不同。可以测量两点之间和两个平面之间的角度。



图 1-8 “测量距离”对话框



图 1-9 “测量角度”对话框

3．几何属性的动态分析

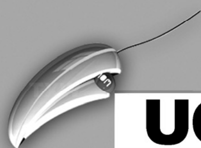
选择菜单命令“分析”→“几何属性”，系统弹出如图 1-10 所示的“几何属性”对话框。再在绘图区移动光标，系统会自动捕捉曲面上的点和曲线上的点，并在对话框中显示选中点的信息，如图 1-10 所示为分析曲面时所显示的参数，如图 1-11 所示为分析曲线时所显示的参数。该功能使用非常方便，可以分析曲面和曲线上任意点的半径值、点坐标以及该点在曲面或曲线上的位置百分比。该命令主要用于分析模型内圆角的半径，模型上的任意点的坐标值，以便于确定刀具或设定加工参数。



图 1-10 “几何属性”对话框 1



图 1-11 “几何属性”对话框 2



4．分析曲面的最小半径

加工过程中，在选择刀具之前，必须先分析模型曲面的最小内圆角的半径，用来确定要选择的最小刀具。

选择菜单命令“分析”→“最小半径”，系统弹出如图 1-12 所示的“最小半径”对话框。选择需要分析的曲面，单击“确定”按钮，系统弹出如图 1-13 所示的“信息”窗口，在该窗口中可以看出曲面的最小半径。



图 1-12 “最小半径”对话框



图 1-13 “信息”窗口

1.3.3 点构造器

在三维建模过程中，一项必不可少的任务是确定模型的尺寸与位置，而点构造器就是用来确定三维空间位置的一个基础的和通用的工具。

点构造器实际上是一个对话框，常常是根据建模的需要自动出现的。当然点构造器也可以独立使用，直接创建一些独立的点对象。

这部分内容以直接创建独立的点对象为例进行介绍，需要说明的是无论以哪种方式使用点构造器，其对话框及其功能都是一样的。“点”对话框如图 1-14 所示。

用户可以分别在 XC、YC、ZC 文本框中输入坐标值，单击“确定”按钮，系统接收指定的点。

1．捕捉点方法

系统提供了 13 种捕捉点的方式，下面分别介绍。

1）：自动判断的点，根据光标点所处位置自动推测出所要选择的点。所采用的点捕捉方式为以下方式之一，即光标位置、存在点、端点、控制点、交点、中心点、角度和象限点。



图 1-14 “点”对话框

这种方法在单选对象时特别方便，但在同一位置存在多种点的情况下很难控制点，此时建议选择其他方式。

2）-‡-：光标位置，在光标位置指定一个点。

提示：用光标位置定点时，所确定的点位于坐标系的工作平面（XC-YC）内，即 Z 的坐标值为 0。

3）+：现有点，在某个存在点上构造点，或通过选择某个存在点规定一个新点的位置。

4）／：终点，在已存在直线、圆弧、二次曲线或其他曲线的端点位置指定一个位置。使用这种方法定点时，根据选择对象的位置不同，所取得的端点位置也不一样，取最靠近选择位置端的端点。

5）⤷：控制点，在曲线的控制点上构造一个点或规定新点的位置。控制点与曲线的类型有关，可以是直线的中点或端点，开口圆弧的端点、中点或中心点，二次曲线的端点和样条曲线的定义点或控制点等。

6）个：交点，在两段曲线的交点上、一条曲线和一个曲面或一个平面的交点上创建一个点或规定新点的位置。若两者的交点多于一个，则系统在最靠近第 2 个对象处创建一个点或规定新的位置；若两段平行曲线并未实际相交，则系统会选择两者延长线上的相交点；若选择的两段空间曲线并未实际相交，则系统在最靠近第 1 个对象处创建一个点或规定新点的位置。

7）⊙：圆弧中心/椭圆中心/球心，在所选择圆弧、椭圆或球的中心处创建一个或规定新点的位置。

8）△：圆弧/椭圆弧上的角度，在与坐标轴 XC 正向成一角度（沿逆时针方向）的圆弧/椭圆弧上构造一个点或规定新点的位置。

9）○：象限点，在圆弧或椭圆弧的四分点处创建一个点或规定新点的位置，所选择的四分点是离光标选择球最近的四分点。

10）：点在曲线/边上，在离光标最近的曲线/边缘上构造一个或规定新点的位置。

11）：点在面上，在离光标最近的曲面/表面上构造一个或规定新点的位置。单击按钮激活相应捕捉点方式，然后选择要捕捉点的对象，系统会自动按相应方式生成点。

12）：两点之间，在两点之间指定一个点，以两点距离百分比确定新点位置，默认为 50%。

13）：按表达式，使用点类型的表达式指定一个点。在“表达式”对话框中以“Point(0,0,0)”定义点坐标值。

2．偏置定点方法

“点”对话框中的“偏置选项”下拉列表框用于使用相对定位方法来确定点的位置，即相对于指定的一个参考点及其偏置值来确定一个点位置。相对定点方法相当于将坐标系（可以是工件坐标系或绝对坐标系）原点移动到指定的参考点，然后相对于这一参考点用与前面介绍的相同方法来确定一个点位置。

使用相对点方法时，指定的参考点称为“基点”，要确定的点位置的坐标分量称为“坐标分量”或“偏置量”（偏置），即相对于参考点的坐标分量值。

偏置定点的方法共 5 种，另加一种关闭该功能模式，即默认模式“无”。所有模式都在“偏置选项”下拉列表中选择。

（1）直角坐标系

该选项是利用直角坐标系确定点偏移量。在“偏置选项”下拉列表中选择“直角坐标系”，对话框如图 1-15 所示。选取参考点，在各增量文本中输入需要的偏移量即可。



图 1-15 “直角坐标系”选项

（2）圆柱形坐标系

该选项是利用圆柱形坐标系确定偏移量。在“偏置选项”下拉列表中选择“圆柱坐标系”，对话框如图 1-16 所示。然后选取参考点，在各文本框中输入需要的偏移量即可。

（3）球坐标系

该选项是用球坐标系来指定偏置值，指定的参考点为球坐标系的原点，半径为待定点与参考点之间的距离。角度 1 为待定点与参考点连线在 XC-YC 平面上的投影的方位角。

在“偏置选项”下拉列表中选择“球坐标系”，如图 1-17 所示，然后选取参考点，在各文本框中输入需要的偏移量即可。



图 1-16 “圆柱坐标系”选项



图 1-17 “球坐标系”选项

（4）沿矢量偏置

该选项是利用向量法指定偏移量，偏移点相对于所选参考点的偏移由向量方向和偏移距离确定。“偏置选项”下拉列表中选择“沿矢量”后，“点”对话框如图 1-18 所示。然后选取参考点，再选择一条存在的直线作为参考向量，在“距离”文本框中输入需要的偏移量即可。

（5）沿曲线偏置

这种偏置方式是沿指定的曲线（可以为直线）路径来指定偏移值的，偏移点相对于选择的参考点的偏移值由偏移弧长的百分比来确定。在“偏置选项”下拉列表中选择“沿曲线”，如图 1-19 所示，然后选取参考点，再选择一条存在的曲线作为参考曲线，在“弧长”或“百分比”文本框中输入需要的偏移量即可。



图 1-18 “沿矢量”选项

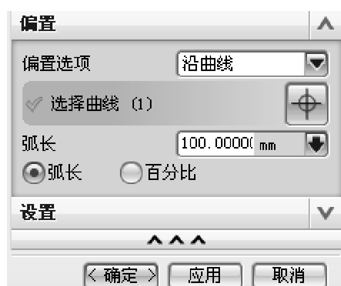


图 1-19 “沿曲线”选项

1.3.4 平面构造器

平面构造器用于定义一个无限大的平面，它可以作为某些加工对象的参考平面，也可以作为镜像操作的镜像面。通常建立一个临时平面，在某些命令中以平面子功能的形式被调用。也可以建立永久平面，在 UG NX 8.5 建模过程中，选择菜单命令“插入”→“基准/点”→“平面”，弹出如图 1-20 所示的“平面”对话框，其中提供了 14 种构造平面的方法。



图 1-20 “平面”对话框

1）：成一角度。某一平面以一条直线或基准轴旋转一角度生成一个平面。

2）：按某一距离。与所选择的平面平行，并可输入某一距离生成平面。

3）：二等分。通过选择两个平行的平面生成平面，生成的平面在这两个平面中间。

4）：曲线和点。首先选择一条曲线，然后选择一点，则系统构造一个通过指定点

并垂直于指定曲线的平面。

5）：两直线。依次选择两条直线来构造一个平面，如果这两条直线相互平行，则所构造的平面通过这两条直线；如果这两条直线垂直，则通过第 1 条直线，垂直于第 2 条直线。

6）：相切。与依次指定的两个表面相切构造一个平面，如果指定的两表面相切的平面可能不止一个，则系统会显示所有可能平面的法向矢量，用户还需要进一步选择适合的法向矢量。或依次指定一个表面和一个点，则新构造的平面通过指定点并与指定表面相切。如果指定的两表面相切的平面不止一个，系统会显示所有可能平面的法向矢量，用户还需要进一步选择适合的法向矢量。

7）：通过对象。指定一条空间曲线，则系统构造一个通过该曲线的平面。选择一条直线，则系统会自动捕捉到直线的端点，在该端点处生成一个与直线垂直的平面。选择一个平面，则在该平面上生成一个平面。

8）a,b,c,d：按系数。利用平面方程 AX+BX+CX=D（A、B、C、D 为系数）来构造一个平面。单击该选项，“平面”对话框如图 1-21 所示。在各系数对应的文本框中输入数值，单击“确定”按钮。如果输入的系数可以确定一个平面，则弹出“点”对话框，要求用户指定一个系数来确定平面的显示位置（由指定点向光标所在视图投影的射线与新建平面的交点即为显示位置）。如果输入的系数不能确定一个平面，则系统显示出错信息。



图 1-21 “平面”对话框

9）：点和方向。先选择一点，新创建的平面通过该点，再选择一直线或基准轴，新创建的平面垂直于该直线或基准轴。

10）：在曲线上。选择一条曲线上的点，点的位置可以通过百分比和长度设置，在该点处生成一个与曲线垂直的平面。

11）：YC-ZC 平面。利用当前工作坐标系的 YC-ZC 平面构造一个新平面，并可通过“距离”文本框设置偏置值。

12）：XC-ZC 平面。利用当前工作坐标系的 XC-ZC 平面构造一个新平面，并可通过“距离”文本框设置偏置值。

13）：XC-YC 平面。利用当前工作坐标系的 XC-YC 平面构造一个新平面，并可通过“距离”文本框设置偏置值。

14）：视图平面。利用当前视图平面创建一个新的平面，创建的平面与视图平面平行且重合或相隔一定的距离。

注意：选择菜单命令“插入”→“基准/点”→“基准平面”或单击“建模”工具条中的“基准平面”按钮，系统会弹出“基准平面”对话框，该对话框与“平面”对话框相似。

1.3.5 矢量构造器

很多建模操作都要用到矢量，用于确定特征或对象的方位。如圆柱体或锥体的轴线方向、拉伸特征的拉伸方向、旋转扫描特征的旋转轴线、曲线投射的投射方向，以及拔斜度方向等。要确定这些矢量，都离不开矢量构造器。

矢量构造器用于构造一个单位矢量，矢量的各坐标分量只用于确定矢量的方向，不保留其幅值大小和矢量的原点。

一旦构造了一个矢量，在图形窗口中将显示一个临时的矢量符号。通常操作结束后该矢量符号即消失，也可利用视图刷新功能消除其显示。

矢量构造器的所有功能都集中体现在如图 1-22 所示的“矢量”对话框中，其功能如表 1-2 所示。



图 1-22 “矢量”对话框

表 1-2 矢量构造器方式的图标功能说明

图　标	功　能	功 能 说 明
	自动判断的矢量	根据选择的几何对象不同，自动推测一种方法定义一个矢量，推测的方法可能是表面法线、曲线切线、平面法线或基础轴
	两点	选择空间两个点来确定一个矢量，其方向由第 1 点指向第 2 点
	成 XC 成一角度	在 XC-YC 平面上构造与 XC 轴夹一定角度的矢量
	曲线/轴矢量	沿边界/曲线起始点处的切线构造一个矢量
	曲线上矢量	以曲线某一点位置上的切向矢量为要构造的矢量
	面 / 平面法向	构造与平面法线或圆柱轴线平行的矢量
	XC 轴	构造与坐标系 X 轴平行的矢量
	YC 轴	构造与坐标系 Y 轴平行的矢量
	ZC 轴	构造与坐标系 Z 轴平行的矢量
	XC 负轴	构造与坐标系 X 负轴平行的矢量
	YC 负轴	构造与坐标系 Y 负轴平行的矢量
	ZC 负轴	构造与坐标系 Z 负轴平行的矢量
	按系数	在“I”“J”“K”文本框中输入矢量的系数
	视图方向	根据当前视图的方向，可以设置朝里或朝外的矢量
	按表达式	通过表达式的方式构造矢量

此外，在“矢量构造器”对话框下端还有一个按钮需要说明，即反向按钮。单击该按

钮可以改变矢量的方向，每单击该按钮一次，矢量都会变为相反的方向。

1.3.6 坐标系构造器

UG NX 8.5 为用户提供了可以编辑的工作坐标系（WCS），除此之外，用户还可以创建工作坐标系。UG NX 8.5 拥有强大的坐标系构造功能，基本可以满足用户在各种情况下的要求。

1．坐标系基本概念

建模和加工都离不开坐标系，坐标系主要用来确定特征或对象的方位。UG NX 8.5 系统中用到的坐标系主要有两种形式，分别为 ACS（绝对坐标）和 WCS（工作坐标），它们都遵循右手螺旋法则。ACS 是模型空间坐标系，其原点和方位固定不变，而 WCS 是用户当前使用的坐标系，其原点和方位可以随时改变。在一个部件文件中，可以有多个坐标系，但只能有一个工作坐标系，可以将当前的工作坐标系保存，使其成为已存坐标系，一个部件中可以有多个已存坐标系。

选择菜单命令“格式”→“WCS”，弹出如图 1-23 所示的下拉菜单；或单击“实用工具”工具条中的“WCS”下拉菜单中的有关按钮，如图 1-24 所示。



图 1-23 “WCS”菜单

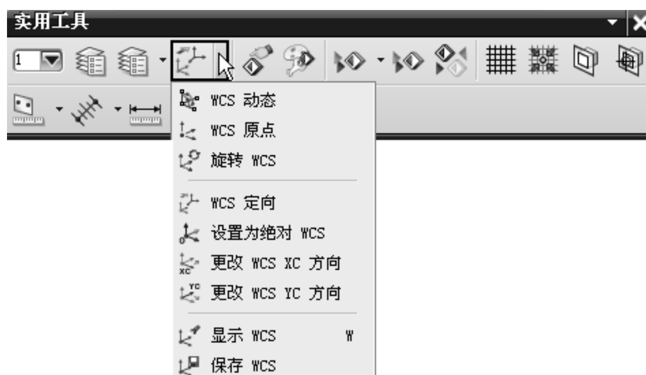


图 1-24 “实用工具”工具条

2．工作坐标系的创建

选择菜单命令“格式”→“WCS”→“定向”，或单击“实用工具”工具条中的

“WCS”下拉菜单中的“WCS 定向”按钮，系统弹出如图 1-25 所示的“CSYS”对话框。用户利用坐标系构造器可以构造一个新的坐标系。



图 1-25 “CSYS”对话框

（1）：动态

用于对现有的坐标系进行任意移动和旋转，选择该类型坐标系将处于激活状态，此时推动方块形手柄可任意移动，拖动极轴圆锥手柄可沿轴移动，拖动球形手柄可旋转坐标系。

（2）：自动判断

根据选择的几何对象不同，自动推测一种方法定义一个坐标系，当满足坐标系构造器的唯一性要求时系统将自动产生一个新的坐标系。

（3）：原点，X-点，Y-点

依次指定 3 个点。第 1 个点作为坐标系的原点，从第 1 点到第 2 点的矢量作为坐标系的 X 轴，第 1 点到第 3 点的矢量作为坐标系的 Y 轴。

（4）：X 轴，Y 轴

依次指定两条相交的直线或实体边缘线。把两条线的交点作为坐标系的原点，第 1 条直线作为 X 轴，第 2 条直线作为 Y 轴。

（5）：X 轴，Y 轴，原点

依次指定第 1 条直线和第 2 条直线。把构造的点作为坐标系的原点，通过原点与第 1 条直线平行的矢量作为坐标系的 X 轴，通过原点与 X 轴垂直并且与指定的两条直线确定的平面相平行的直线作为 Y 轴。

其中，（Z 轴，X 轴，原点）和（Z 轴，Y 轴，原点）的使用方法与 （X 轴，Y 轴，原点）完全相同。

（6）：Z 轴，X-点

依次指定一条直线和一个点。把指定的直线作为 Z 轴，通过指定点与指定直线相垂直的直线作为坐标系的 X 轴，两轴交点作为坐标系的原点。

（7）：对象的 CSYS

指定一个平面图形对象（如圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、二次曲线、平面或平面工程图）。把该对象所在的平面作为新坐标系的 XC-YC 平面，该对象的关键特征点（如圆、椭圆的中心，二次曲线的顶点或平面的起始点等）作为坐标系的原点。

（8）：点，垂直于曲线

首先指定一条曲线，然后指定一个点。通过指定点与指定直线垂直的假想线为新坐标系的 Y 轴，垂足为坐标系的原点。曲线在该垂足处的切线为新坐标系的 Z 轴，X 轴根据右手螺旋法则确定。

（9）：平面和矢量

首先指定一个平面，然后指定一个矢量。把指定矢量与指定平面的交点作为新坐标系的原点，指定平面的法向量作为新坐标系的 X 轴，指定矢量在指定平面上的投影作为新坐标系的 Y 轴。

（10）：三平面

依次选择 3 个平面，把 3 个平面的交点作为新坐标系的原点。第一个平面的法向量作为新坐标系的 X 轴，第 1 个平面与第 2 个平面的交线作为新坐标系的 Z 轴。

（11）：绝对 CSYS

构造一个与绝对坐标系重合的新坐标系。

（12）：当前视图的 CSYS

以当前视图中心为新坐标系的原点。图形窗口水平向右方向为新坐标系的 X 轴，图形窗口竖直向上方向为新坐标系的 Y 轴。

（13）：偏置 CSYS

首先指定一个已经存在的坐标系，然后在文本框中输入三坐标方向偏置（X-增量、Y-增量和 Z-增量），以此确定新坐标系的原点。

（14）：平面，X 轴，点

首先指定一个平面为 Z 轴的垂直平面，然后指定一个矢量为 X 轴的方向，再指定一点作为坐标系的原点。

3．坐标系的变换

其中涉及变换的命令如下。

（1）改变工作坐标系原点

选择菜单命令“格式”→“WCS”→“原点”，或单击“实用工具”工具条中的“WCS”下拉菜单中的“WCS 原点”按钮，系统弹出“点”对话框，提示用户构造一个点。指定一点后，当前工作坐标系的原点就移到指定点的位置。

（2）旋转工作坐标系

选择菜单命令“格式”→“WCS”→“旋转”，或单击“实用工具”工具条中的“WCS”下拉菜单中的“旋转 WCS”按钮，系统弹出如图 1-26 所示的“旋转 WCS 绕…”对话框。在其中选择任意一个旋转轴，在“角度”文本框中输入旋转角度值。单击“确定”按钮，即可实现旋转工作坐标系。旋转轴是 3 个坐标系轴的正、负方向，旋转方向由正向右手法则确定。



图 1-26 “旋转 WCS 绕…”对话框

（3）更改 XC 方向

选择菜单命令“格式”→“WCS”→“更改 XC 方向”，或单击“实用工具”工具条中的“WCS”下拉菜单中的“更改 WCS XC 方向”按钮，系统弹出“点”对话框。指定一点（不得为 ZC 轴上的点），则原点与指定点在 XC-YC 平面的投影点的连线为新的 XC 轴。

（4）更改 YC 方向

选择菜单命令“格式”→“WCS”→“更改 YC 方向”，或单击“实用工具”工具条中的“WCS”下拉菜单中的“更改 WCS YC 方向”按钮，系统弹出“点”对话框。指定一点（不得为 ZC 轴上的点），则原点与指定点在 XC-YC 平面的投射点的连线为新的 XC 轴。

4．坐标系的保存、显示与隐藏

（1）显示/隐藏

选择菜单命令“格式”→“WCS”→“显示”，或单击“实用工具”工具条中的“WCS”下拉菜单中的“显示 WCS”按钮，控制图形窗口中工作坐标系的显示与隐藏属性。这是一个切换开关，默认情况下为显示，左边图标凹陷。

（2）保存

选择菜单命令“格式”→“WCS”→“保存”，或单击“实用工具”工具条中的“WCS”下拉菜单中的“保存 WCS”按钮，保存当前坐标系，以后可以引用。

1.3.7 数据交换

目前主流的 CAD/CAM 软件有 Pro/Engineer、SIEMENS NX、CATIA、SolidWorks 等，各种软件都有自己的系统文件格式。在实际应用中往往会遇到两种不同软件之间相互结合使用的情况，因此在 CAD/CAM 领域建立通用的数据交换格式就显得十分有必要。而目前在 CAD/CAM 领域较为通用的数据交换格式有 IGES、STEP 等。

1．几种常见的 CAD/CAM 数据交换格式

（1）CGM

CGM 是 ANSI 标准格式的二维图像文件，可以被许多绘图软件识别。CGM 很容易在不同的操作系统中迁移。因为是二维图像文件，不能应用于三维图像文件，故其应用范围也受到了一定的限制。

（2）IGES

IGES 是最早的图像数据交换格式，也是目前使用范围最广泛的数据交换格式之一。它可以转换曲面、曲线等二维、三维图像文件，文件的扩展名是 igs。

（3）STEP

STEP 是一种比较新的数据交换格式，由国际标准化组织（ISO）制定，可以很好地支持实体数据转换，是目前数据转换的标准。文件的扩展名是 stp。UG NX 8.5 中提供了两种 STEP 格式——STEP203 和 STEP214，其中 STEP203 不转换图层和颜色等信息，STEP214 转换图层和颜色等信息。

（4）STL

STL 是小面模型的文件格式，用于快速成型。利用模型的测量点数可以直接转换生成小面模型，然后 UG 可以直接加工这个小面模型。UG NX 8.5 提供了对小面模型的修改和编辑功能。

（5）Parasolid

Parasolid 是 UG 公司开发的建模系统的一种格式标准，是 UG NX 8.5 实体建模的内核。Parasolid 建模系统支持实体建模和通用的单元建模以及自由形状建模。许多软件使用该系统，包括 Mastercam。该格式文件的扩展名为 x_t 和 xmt_txt。

2．NX 与 Creo

UG NX 8.5 提供了较为丰富的图形数据转换功能，通过“文件”菜单中的“导入”和“导出”两个子菜单，在 UG NX 8.5 自己的文件之间以及 NX 与其他软件之间实现数据交换。UG NX 可以直接导入和导出 AutoCAD 和 CATIA 的文件，可以直接导入 Creo

文件中的实体。

Creo 是目前全球使用最为广泛的 CAD / CAM 软件之一，NX 提供了直接导入 Pro/E 实体的功能，如果是较复杂的实体可以通过 STEP 格式进行转换。

3．NX 与 Mastercam

MasterCAM 是目前全球使用量最大的 CAM 软件之一，通过 Parasolid 格式，NX 和 MasterCAM 的实体之间可以实现非常好的转换，速度很快。如果是曲线或曲面，则可以通过 IDES 的格式进行转换。

4．NX 与 Cimatron

NX 可以通过 Parasolid 格式或 STEP 格式转换 Cimatron 软件中的实体数据，通过 IGES 的格式转换曲线和曲面。Cimatron 可以直接读取 NX 文件。

数据转换的基本方法和原则如下：

1）尽量使用 STEP 格式转换实体和曲面，这样基本上不会出现掉面的现象。

2）点和各类曲线使用 IGES 格式转换。

3）在与 MasterCAM 这类使用 Parasolid 内核的软件转换实体时，使用 Parasolid 格式，扩展名为 x_t 转换的效果最好。

4）如果只有 IGES 文件，直接转入 NX 时出现破面，不能缝合成实体时，可以尝试加大缝合公差。如果加大缝合公差还不行，则先要弄清该文件是由哪个软件输出的。

5）使用第三方软件，可以使用如 Transmagic 等专用转换软件，在该软件中导入需转换文件，可自动修复一下，再另存为 NX 文件。

当前知名的 CAD/CAE/CAM 软件都具有与其他软件交换数据的功能。UG NX 8.5 既可以把建立的模型数据输出，供 SolidWorks、Creo 和 CAD 等软件使用，又可以输入这些软件制作的模型数据供自己使用，所有这些操作都是通过选择“文件”下拉菜单中的“导入”和“导出”命令来实现的。

5．导入文件

选择“文件”→“导入”命令，弹出子菜单。其中列出了可以输入的各种文件格式，常用的有部件（NX 文件）、Parasolid（SolidWorks 文件）、VRML（网络虚拟现实格式文件）、IGES（Pro / E 文件）和 DXF/DWG（AutoCAD 文件）。

6．导出文件

选择“文件”→“导出”命令，弹出子菜单，其中列出了可以输出的各种文件格式。选择命令后，将弹出相应的对话框供用户操作。

“打开”命令可以打开其他格式的文件；“另存为”命令可以保存为其他格式的文件。

1.3.8 模型显示

三维模型显示控制主要通过如图 1-27 所示的“视图”工具条来操作，也可以通过“视图”下拉菜单中的命令操作。

1．调整模型在视图中的显示大小与位置

使用“视图”工具条调整模型在视图中的显示大小与位置的操作如下。

（1）适合窗口

单击“视图”工具条中的“适合窗口”按钮，则所有模型对象尽可能大地全部显示

在视图窗口的中心。

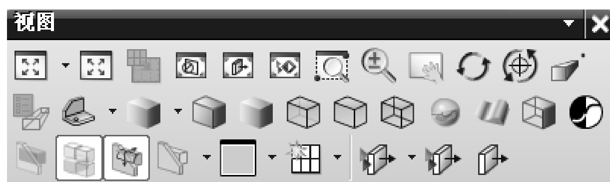


图 1-27 “视图”工具条

（2）缩放

单击“视图”工具条中的“缩放”按钮，将鼠标选择的矩形区域放大到整个视图窗口显示。

（3）放大/缩小

单击“视图”工具条中的“放大/缩小”按钮，然后指定一点作为缩放中心，拖动鼠标上、下移动即可动态改变模型在视图中的显示大小和显示位置。

（4）旋转

单击“视图”工具条中的“旋转”按钮，拖动鼠标上下左右移动。将以模型的几何中心为旋转中心实现动态旋转，模型大小保持不变。

（5）平移

单击“视图”工具条中的“平移”按钮，拖动鼠标上下左右移动，则模型在视图中平行移动，其法向、大小不变。

2．显示方式

单击“视图”工具条中的“渲染样式”下拉菜单，如图 1-28 所示，可选择各种显示方式。使用“视图”工具条控制显示方式的操作如下。

（1）线框

线框指的是仅显示三维模型的边缘和轮廓线，不显示表面情况。共有 3 种线框模式，默认情况下单击图标。更多情况下单击右侧向下黑三角标志，弹出如图 1-28 所示的线框快捷工具条，从 3 种模式中选择一种即可。

（2）着色

用各种颜色显示三维模型的表面，共有 5 种着色模式。默认情况下单击图标，更多情况下单击右侧向下黑三角标志，弹出图 1-28 所示的着色快捷工具条，从 5 种模式中选择一种则可。

（3）改变观察角度

默认情况下单击“视图”工具条中的图标，更多情况下单击右侧向下黑三角标志，弹出如图 1-29 所示的观察角度快捷工具条。

移动鼠标到每个图表上并稍微停留片刻，则显示其视图名称，从 8 种标准模式中选一种即可改变模型的观察角度。

1.3.9 层操作

在建模过程中，将产生大量的图形对象，如草图、曲线、片体、三维实体、基准特

征、标注尺寸和插入对象等。为方便有效地管理如此之多的对象，UG 引入了“图层”的概念。

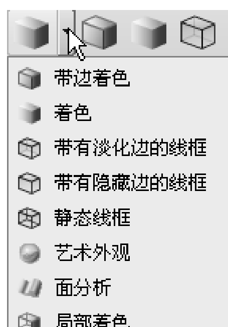


图 1-28　视图的显示方式

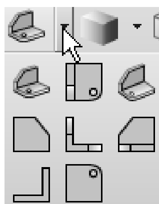


图 1-29　观察角度快捷工具条

图层类似于机械设计师所使用的透明图纸，使用图层相当于在多个透明覆盖层上建立模型。一个层相当于一个覆盖层，不同的是层上的对象可以是三维的对象。一个 UG 部件中可以包含 1～256 个层，每个层上可包含任意数量的对象。因此一个层上可以包含部件中的所有对象，而部件中的对象也可以分布在一个或多个层上。

在一个部件的所有层中，只有一个层是工作层，用户所做的任何工作都发生在工作层上。其他层可设为可选择层、只可见层或不可见层，以方便使用。在做加工时，经常将毛坯和部件放在不同的层里，所以读者必须掌握层操作。

与图层有关的所有命令都集中在如图 1-30 所示的“格式”下拉菜单中。



图 1-30　“格式”下拉菜单

1．层类目设置

设置层的类目有利于分类管理，提高操作效率。例如：一个部件中可以设置 Solid、Curve、Sketch、Dradting、Assembly 等类目。用户可根据实际需要和习惯设置各公司自己的图层标准，通常可根据对象类型来设置图层和图层类，如可以根据表 1-3 所示来设置图层。

表 1-3　图层设置

图　层　号	图 层 内 容
1～20	实体（Solid Bodies）
21～40	草图（Sketchs）
41～60	曲线（Curves）
61～80	参考对象（Reference　Geometries）
81～100	片体（Sheet Bodies）
81～120	工程图对象（Drafting Objects）

2．建立新的类目的步骤

1）选择“格式”→“图层类别”命令，或单击“实用工具”工具条中的“图层类别”按钮，系统弹出“图层类别”对话框，如图 1-31 所示。

2）在“图层类别”对话框中的“类别”文本框输入新的类目名称。

3）单击“创建 / 编辑”按钮，在“图层类别”对话框中显示出图层列表，如图 1-32 所示。

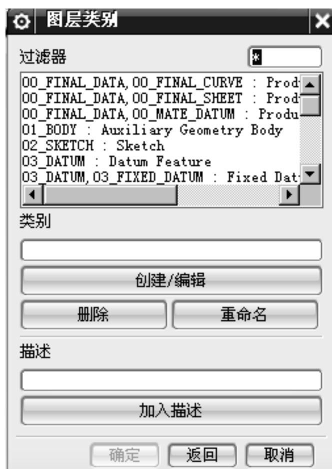


图 1-31 “图层类别”对话框

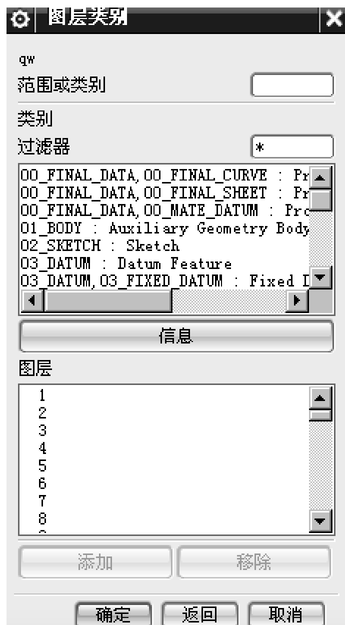


图 1-32 “图层类别”对话框中的图层列表

4）在图层列表中选择需要的图层，单击“添加”按钮，再单击“确定”按钮即完成新的类目的建立。

3．设置层

选择“格式”→“图层设置”命令，或单击“实用工具”工具条中的“图层设置”按钮，弹出如图 1-33 所示的“图层设置”对话框。利用该对话框可以设置部件中的所有层或任意一个层为工作层，以及层的可选择性和可见性等，并可以查询层的信息，编辑层的所属类别。

“图层设置”对话框中的选项如下。

1）“工作图层”文本框。在其中输入某图层类别的名称，系统会选择属于该类别的所有图层，并自动改变其状态。

2）“信息”按钮。单击该按钮，弹出“信息”对话框。其中显示该部件文件中所有图层及其图层的相关信息，如图层编号、状态和图层类等。

3）“设为可选”按钮。利用该按钮，可以将指定图层的属性设置为可选状态，可选状态的图层允许用户选择其上的所有对象。

4）“设为工作层”按钮。单击该按钮，将指定的图层设置为工作图层。

5）“设为不可见”按钮。单击该按钮，隐藏指定的图层，其上的所有对象不可见。

6）“设为仅可见”按钮。单击该按钮，显示指定的图层显示，其上的所有对象可见。

4．移动至图层

选择“格式”→“移动至图层”命令，或单击“实用工具”工具条中的“移动至图层”按钮，系统弹出“类选择”对话框。选择对象，单击“确定”按钮，系统弹出“图层移动”对话框，如图 1-34 所示。输入图层名或图层类别，或在图层列表框中选中某层，则系统将所选对象移动到指定图层上。



图 1-33 “图层设置”对话框

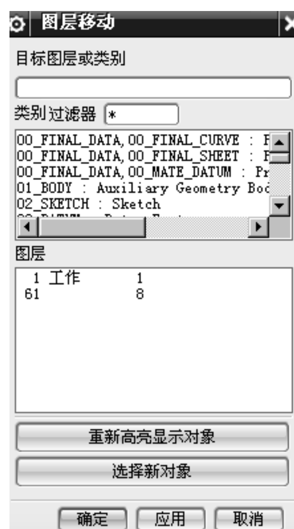


图 1-34 “图层移动”对话框

1.4 UG NX 8.5 操作导航器和数控加工主要工具条

1.4.1 操作导航器

操作导航器是一个图形化的用户界面，同时又是各加工模块的入口位置，用户利用操作导航器管理当前零件的操作及操作参数的一个树形界面，用来说明零件组合操作组之间的关系，处于从属关系的组或者操作将可以继承上一级组的参数。进入加工模块后，操作导航器将被激活，但是隐藏显示，在工作界面导航器工具条中单击图标，将显示操作导航器。当鼠标离开操作导航器工作界面时，操作导航器界面将自动隐藏。在工作界面右侧

导航器工具条中双击图标，将显示操作导航器整个界面，不会自动隐藏，只有关闭才会不显示。

操作导航器显示在加工界面上，它以树状结构显示，共有 4 种显示形式，分别是程序顺序视图、机床视图、几何视图和加工方法视图。单击操作导航器中各节点前的展开号（+）或折叠号（—），可展开或折叠各节点包含的对象。只有当操作导航器处于激活状态时，用户才能进行加工对象的创建、编辑和设置，否则加工工具条的图标都处于灰显状态，不能进行工作。

程序顺序视图是显示程序执行顺序的视图，如图 1-35 所示，该视图按刀具路径的执行顺序列出当前零件中的所有操作，显示每个操作所属的程序组和每个操作在机床上执行的顺序，各操作的排列顺序确定了后置处理的顺序和生成刀具位置源文件的顺序。

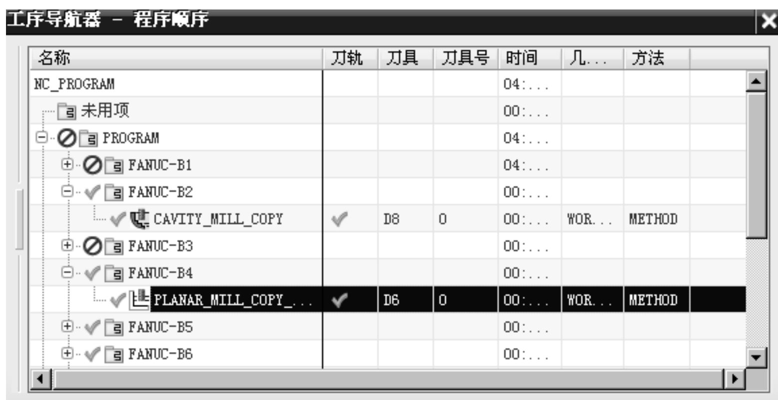


图 1-35　操作导航器中的程序顺序视图

机床视图是显示刀具视图，如图 1-36 所示，该视图按加工刀具来组织各个操作，其中列出了当前零件中存在的各种刀具以及使用这些刀具的操作名称。

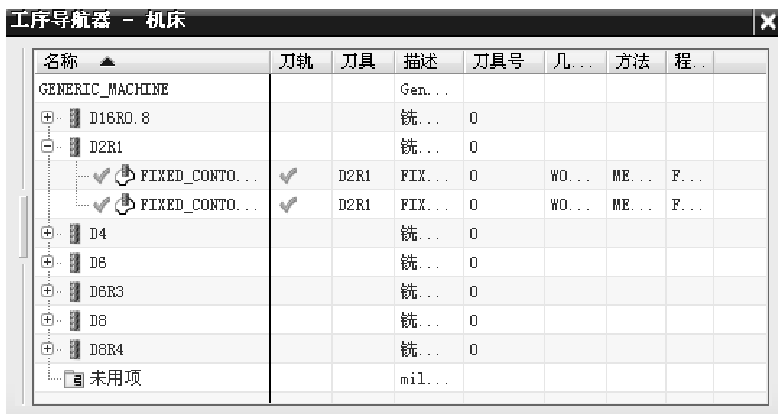


图 1-36　操作导航器中的机床视图

几何视图是显示几何体视图，如图 1-37 所示，该视图列出当前零件存在的几何体组和坐标系，以及使用这些几何体组和坐标系的操作名称。

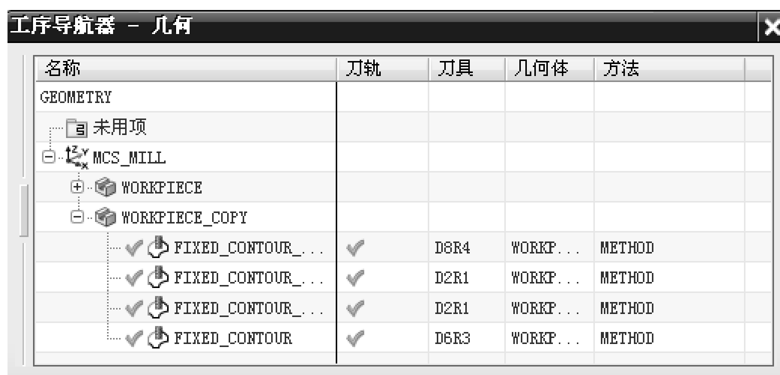


图 1-37　操作导航器中的几何视图

加工方法视图是显示加工方法的视图，如图 1-38 所示，该视图列出当前零件中存在的加工方法（其中包括粗加工、半精加工、精加工等），以及使用这些加工方法的操作名称。



图 1-38　操作导航器中的加工方法视图

在操作导航器的所有视图中，每一操作前都有表示其状态的符号。状态符号有以下 3 种类型：

1）重新生成：表示该操作还没有生成过刀具路径，或者在生成刀具路径后又编辑过其中的一个或者多个参数，需要重新生成刀具路径。

2）重新后处理：表示该操作的刀具路径已经生成，但还没有进行后处理输出，后者刀具路径已经改变，而后处理输出刀具路径还是以前的，需要重新进行后置处理。

3）完成：表示刀具路径已经完成，并已输出成刀具位置源文件或者已经后置处理。一个操作经过生成 CLSF 或者通过 UG POST 进行后处理将会出现该符号。

1.4.2 加工创建工具条

1．“刀片”工具条

“刀片”工具条如图 1-39 所示，它提供新建数据的模板，可以创建程序、创建刀具、创建几何体、创建方法和创建工序，其功能如表 1-4 所示。

“刀片”工具条的功能对应于“插入”菜单中的相应命令，单击菜单命令“插入”，可以

看到这些功能，如图 1-40 所示。

表 1-4 “刀片”工具条功能

图标	功能名称	功能解释
	创建程序	用于新建程序对象，新建的程序对象显示在“操作导航器”的“程序视图”中
	创建刀具	用于新建加工所用的刀具，新建的刀具显示在“操作导航器”的“机床视图”中
	创建几何体	用于新建几何体组对象，创建几何体包括定义加工坐标系、工件、边界和切削区域等，新建的几何体显示在“操作导航器”的“几何视图”中
	创建方法	用于新建加工方法组，新建的加工方法显示在“操作导航器”的“加工方法视图”中
	创建工序	用于新建加工操作，新建的操作显示在“操作导航器”的“几何视图”中



图 1-39 “加工创建”工具条



图 1-40 “插入”菜单

2．“加工操作”工具条

“加工操作”工具条如图 1-41 所示，图中显示的只是该工具条的部分功能。该工具条提供与刀位轨迹有关的功能，方便用户针对选取的操作生成刀位轨迹，或针对已生成刀位轨迹的操作，进行编辑、删除、重新显示或切削模拟。加工操作工具条也提供对刀具路径的操作，如生成 ClSF（刀位源文件）文件及后处理或车间工艺文件等，其功能如表 1-5 所示。



图 1-41 “加工操作”工具条

表 1-5 “加工操作”工具条功能

图　　标	功 能 名 称	功 能 解 释
	生成刀轨	生成刀具路径
	平行生成刀轨	在后台生成所选操作的刀轨，该功能可以实现边计算边操作软件
	编辑刀轨	编辑刀具路径
	删除刀轨	删除刀具路径
	重播刀轨	重显刀具路径
	列出刀轨	列出刀具路径信息
	确认刀轨	模拟验证刀具路径
	机床仿真	使用以前定义的机床仿真刀轨
	过切检查	检查是否有过切现象
	进给率	显示和修改选定的操作的进给和速度
	输出 CLSF	输出刀具位置源文件（CLSF）
	后处理	对选定的刀具路径进行后置处理
	车间文档	创建一个加工工艺报告，其中包括刀具、几何体、加工顺序和控制参数
	批处理	提供以批处理方式处理与 NC 有关的输出的选项

3．“加工对象”工具条

“加工对象”工具条如图 1-42 所示，该工具条提供操作导航窗口中所选择对象的编辑、剪切、显示、更改名称及刀位轨迹的转换与复制功能。在操作导航器中没有选择任何操作时，加工操作工具条和对象工具条的选项将呈现灰色，不能使用。在操作导航器窗口中选择某一操作，再单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择相应命令即可，其功能如表 1-6 所示。



图 1-42 “加工对象”工具条

表 1-6 “加工对象”工具条功能

图　　标	功 能 名 称	功 能 解 释
	编辑对象	用于编辑刀轨、加工几何、加工方法、操作
	剪切对象	用于剪切程序、刀具、加工几何、加工方法、操作节点到系统剪切板
	复制对象	用于复制程序、刀具、加工几何、加工方法、操作节点到系统剪切板
	粘贴对象	从剪切板粘贴对象，即将系统剪切板中的一个或多个程序粘贴到被选取的某个程序下面；将系统剪切板中的一把或多把刀具粘贴到被选取的刀具下面；将系统剪切板中的一个或多个加工几何粘贴到被选取的某个加工几何下面；将系统剪切板中的一个或多个加工方法粘贴到被选取的某个加工方法下面；将系统剪切板中的一个或多个操作粘贴到被选取的任何节点下面
	重命名对象	重新命名程序、刀具、加工几何、加工方法、操作的名称
	删除对象	从操作导航器删除被选对象
	变换对象	变换刀轨，同时保持与操作的关联性
	属性	基于信息窗口中选出的对象列出信息，并允许定义和修改属性
	信息	在信息窗口中列出对象名称和对象参数
	显示对象	在图形窗口中显示选定的对象
	切换图层 / 布局	切换以前保留的图层 / 布局

4．“导航器”工具条

“导航器”工具条如图 1-43 所示，该工具条提供已创建资料（包括程序顺序视图、机床视图、几何视图、加工方法视图等）的重新显示，被选择的选项将会显示于导航窗口中，其功能如表 1-7 所示。



图 1-43 “导航器”工具条

表 1-7 “导航器”工具条功能

图　　标	功 能 名 称	功 能 解 释
	程序顺序视图	在操作导航器中显示程序顺序视图
	机床视图	在操作导航器中显示机床视图
	几何视图	在操作导航器中显示几何视图

（续）

图　　标	功 能 名 称	功 能 解 释
	加工方法视图	在操作导航器中显示加工方法视图
	查找对象	在操作导航器中查找相应的操作或节点
	过滤器设置	在“操作过滤器”对话框中，指定和输入各种过滤条件（如：操作的类型、为输出的操作、操作的名称、操作刀具的名称等）来确定操作导航器中只显示相应于过滤器的一些操作
	应用过滤器	将过滤器应用到 CAM 对象
	全部展开	在操作导航器中展开所有的父组，以便每个操作都能看见
	全部折叠	在操作导航器中折叠所有的父组
	导出工序导航树至	将操作导航器中的信息保留为 HTML 文件，并将其导出到某默认的 Web 浏览器中

1.5　UG NX 8.5 加工的基本过程

在加工过程中，需要各表面的形成是通过若干个按一定顺序排列的操作来完成的。在定义每个操作时，需要选择加工几何对象、指定切削工具、定义加工参数和安排加工顺序，然后选择合适的加工模板来产生相应操作。在 UG NX 8.5 的加工环境中，所有的这些工作都是通过创建对话框来完成的。

UG NX 8.5 创建对话框包括创建“操作”对话框和 4 个创建组对话框。在 UG NX 8.5 的加工应用中，完成一个程序的生成需要经过以下几个步骤。

1.5.1 打开模型

首先需要获得 CAD 数据模型，建立主模型结构。提供数控编程的 CAD 数据模型有两种方式：一是 UG NX 直接造型的实体模型；二是数据转换的 CAD 模型文件，如常见的 IGES 文件。然后进入加工模块，加工环境初始化。如果是 UG NX 造型的实体模型，UG NX 8.5 可以直接打开；如果是其他格式的 3D 文件，有些可以直接打开，有些需要通过导入将 3D 模型导入到 UG NX 8.5 文件中。

由于设计与数控编程一般是由不同的技术员完成的，而且设计人员在建立 CAD 数据模型时更多考虑零件设计的方便性和完整性，没有完全考虑加工的需求，所以很多情况下需要对 CAD 数据模型进行数据处理，如分析 CAD 数据模型。

1.5.2 初始化加工环境

1．进入加工环境

进入加工模块，选择菜单命令“开始”→“加工”即可进入加工模块，如图 1-1 所示。也可以使用〈Ctrl+Alt+M〉快捷键进入加工模块。当一个工件首次进入加工模块时，系统将会弹出如图 1-2 所示的“加工环境”对话框，如果是第二次或第 2 次以上进入加工模块，不会弹出“加工环境”对话框。“加工环境”对话框用于进行初始化，“CAM 会话配置”用于选择加工所使用的机床类别，“要创建的 CAM 设置”用于在制造方式中指定加工设定的默

认文件，即要选择一个加工模板集。所选择的模板文件决定了加工环境初始化后可以选用的操作类型，同时决定了在生成程序、刀具、方法、几何时可以选择的父节点类型。“CAM 会话配置”和“要创建的 CAM 设置”选择好后，在“加工环境”对话框中单击“初始化”按钮，系统则根据指定的加工配置，调用相应的模板和相关的数据进行加工环境的初始化。

进入加工模块后，主菜单及工具条会发生一些变化，某些只在制造模块中才有的菜单选项和工具按钮将会出现。在加工模块中也可以进行一些简单的建模，如构建圆弧、直线和 CAM 基本功能几何体等。

提示：模板文件可以在创建操作前修改，也可以自己定制。模板文件一般为只读文件，修改前先要修改模板文件的属性，模板文件存放于 UG NX 8.5 的安装目录 \UG NX 8.5\MACH\ resource\ template_part\中。

2．创建父节点组

在创建的父节点组中存储加工信息，如刀具数据，凡是在父节点组中指定的信息都可以被操作所继承。父节点组包括 4 种类型，如表 1-8 表示。

表 1-8　父节点含义

父 节 点 组	包含的数据内容
刀　具	刀具尺寸参数、刀具号和刀具补偿号等
方　法	加工方法，如进给速度、主轴转速、切削方式和公差等
几何体	加工几何体数据，如零件、毛坯、MCS、安全平面、部件偏置和材料等
程序组	决定输出操作的顺序

提示：父节点也可以先不创建，而直接在操作对话框中的组设置中进行设置。创建父节点在很多时候可以减少重复性的工作，如：要创建多个程序完成加工的工件，其中几个操作要用到同一把刀或者同一几何体，则可在创建操作前，先创建好刀具和几何体。

1.5.3 创建加工操作

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 1-44 所示的“创建工序”对话框。在“创建工序”对话框中可以指定这个操作的类型、操作子类型、程序、几何体、刀具和方法，以及操作的名称，然后单击“确定”按钮，即弹出“型腔铣”工序对话框创建该工序时，在“型腔铣”工序对话框中指定参数，这些参数都将对刀轨产生影响，“型腔铣”工序对话框如图 1-45 所示。在对话框中需设定加工的几何对象、刀具、切削参数、机床控制、选项等参数，并且很多选项需要通过二级对话框进行参数的设置。不同的操作需设定的操作参数也有所不同，同时也存在很多的共同选项。操作参数的设定是 UG NX 8.5 编程中最主要的工作内容，包括以下几方面内容。

1）加工对象的定义：选择加工几何体、检查几何体、毛坯几何体、边界几何体、区域几何体、底面几何体等。

2）加工参数的设置：包括走刀方式的设定，切穴行距、切深的设置，加工余量的设

置，进退刀方式设置等。



图 1-44 “创建工序”对话框



图 1-45 “型腔铣”工序对话框

3）工艺参数设置：包括角控制、避让控制、机床控制、进给率和主轴转速设定等。

使用 UG NX 8.5 进行编程操作时，对工序对话框的设置应按照从上到下的顺序逐个进行，以防止遗漏。对某些可能影响刀具路径的参数即使可以直接使用默认值，也要进行确认，以防万一因某个参数变化造成该参数的默认值发生了变化，在刀具路径生成后需要检验，确认无误后再做后置处理和创建车间工艺文件。

2．生成刀具路径

在完成所有必须的操作参数设置后，就可以生成刀具路径了。在每一个操作对话框中，都可以单击“操作”选项中的“生成”按钮，生成加工路径。

1.5.4 模拟检验

对于已生成的刀具，可在图形窗口中以线框形式或实体形式模拟刀具路径。让用户在图形方式下更直观地观察刀具的运动过程，以验证各操作加工参数定义的合理性。实体模拟切削可对工件进行比较逼真的模拟切削，通过切削模拟可以提高程序的安全性和合理性。切削模拟在不造成任何损失的情况下消耗实际加工时间的用于检查零件过切或者未铣削到的现象，通过实体切削模拟可以发现在实际加工时存在的某些问题，以便编程人员及时修正，避免工件报废。通过实体模拟切削还可以反映加工后的实际形状，为后面的程序编制提供直观参考，但切削模拟占用编程人员和计算机的时间。

模拟刀具路径时，应先在操作导航器中选择一个或多个已生成刀具路径的操作，或者选

择程序组（其中各操作都已生成刀具路径），再单击“加工操作”工具条的“确认刀轨”按钮，或选择“工具”→“工序导航器”→“刀轨”→“确认”命令，或在操作导航器的快捷菜单中选择“刀轨”→“确认”命令，或单击工序对话框中的图标，系统弹出如图 1-46 所示的“刀轨可视化”对话框。选择刀具路径显示模式后，再单击该对话框底部的按钮，即可模拟刀具的切削运动。



图 1-46 “刀轨可视化”对话框

以下为“刀轨可视化”对话框中一些选项的说明。

（1）动画速度

用于改变动画的速度。调整速度时，可移动其下方滑块的位置，越靠近 1 动画速度越慢；越靠近 10，动画速度越快。

（2）播放控制区域

共有 7 个按钮，其中前 6 个按钮用于控制播放，具体介绍如下。

1）：该按钮有两个作用，如果刀具位于刀具路径的起始点，单击该按钮，则跳到前一个操作对应的刀具路径；如果刀具不是位于刀具路径的开始位置，单击该按钮，则跳到当前刀具路径的起始点。

2）：单击该按钮，反向单步播放。

3）：单击该按钮，反向播放。

4）：单击该按钮，正常播放。

5）：单击该按钮，正向单步播放。

6）：该按钮用于选择后一个操作对应的刀具路径。

7）：该按钮用于停止当前播放的刀具路径。

刀具路径验证的方式有 3 种：重播刀具路径、3D 动态显示刀具路径和 2D 动态显示刀具路径。

1．重播

重播方式验证是沿一条或几条刀具路径显示刀具的运动过程。验证中的回放可以对刀具运动进行控制，并在回放过程中显示刀具的运动。另外可以在刀具路径单节（刀位点）列表中直接指定开始回放的刀位点。

通过对话框可以指定其刀位点，指定切削验证的位置；可以设置在切削模拟过程中刀具的显示方式，包括线、轴、点、实体、装配等形式；可以通过调节仿真速度调节杆来调节切削模拟的速度。通过播放控制按钮进行切削模拟的控制，包括：返回起始点、反向单步播放、反向播放、正常播放、正向单步播放、选择后一个操作。

2．3D 动态

3D 动态显示刀具切削过程，是显示刀具沿刀具路径切除工件材料的过程，它以三维实体方式仿真刀具的切削过程，非常直观。

以 3D 动态方式显示刀具切削过程时，需要指定用于加工成零件的毛坯。如果在创新操作时没有指定毛坯几何体，那么在选择播放时，系统弹出一个警告窗口，如图 1-47 所示，提醒当前没有毛坯可用于验证。单击“确定”按钮，系统会弹出如图 1-48 所示的“毛坯几

何体”对话框。用户可以在对话框中指定毛坯类型为“包容块”，自动创建一个箱体作为零件毛坯。选择该项时，可以在图形中拖动零件上的方向箭头控制毛坯尺寸，也可在对话框中直接输入 X、Y、Z 正负方向的偏置值，设置完后，单击“确定”按钮，则系统会创建一个毛坯。

在开始进行切削模拟前，要先通过视角的旋转，选择一个最佳的观察角度，并设定最合适的大小，在开始进行切削模拟以及切削模拟完成后，都只能保持这一角度，而不能进行其他角度的察看，也不能进行缩放。如有必要，可进行多个角度的切削模拟。

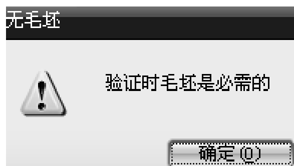


图 1-47　警告



图 1-48 “毛坯几何体”对话框

3．2D 动态

2D 动态显示刀具沿一条或几条刀具路径，并从毛坯或半成品上切削材料后获得的工件形状，主要反映执行刀具路径的结果。静态显示的内容包括 IPW、过切区域和残余区域。静态显示时，需要指定用于成形零件的毛坯。如果在创建几何对象时没有指定毛坯，系统弹出一个警告窗口，如图 1-47 所示，提醒当前没有毛坯可用于验证。单击“确定”按钮，系统会弹出如图 1-48 所示的“毛坯几何体”对话框。

2D 动态与 3D 动态基本相同，区别如下。

1）“显示”按钮：用于在绘图区显示零件加工后的形状，并以不同颜色显示加工区域和没有切削的工件部位。而且使用不同刀具时将显示不同的颜色，如果刀具与工件发生过切，将在过切部位以红色显示，提示用户刀具路径存在错误。

2）“比较”按钮：对加工后的形状与要求的形状做对比，在图形区中显示工件加工后的形状，并以不同颜色表示加工部位材料的切除情况，其中绿色表示该面已达到加工要求，而白色表示该面还有部分材料没有切除，红色表示加工该表面时发生过切。

提示：对于某些刀具路径可以先生成 CLS 文件或后置处理生成 G 代码，然后在 VeriCUT 软件中仿真。

1.5.5 后处理

数控机床的所有运动和操作都是执行特定的数控指令的结果，完成一个零件的数控加工一般需要连续执行一连串的数控指令，即数控程序。手工编程方法根据零件的加工要求与所

选数控机床的数控指令集来编写数控程序，直接手工输入到数控机床的数控系统，这种方法对于简单二维零件的数控加工是非常有效的，一般熟练的数控机床操作者根据工艺要求便能完成。自动编程方法则不同，经过刀具轨迹计算产生的是刀位源文件（Cutter Location Source File，CLF），而不是数控编程，因此，需要设法把刀位源文件转换成特定机床能执行的数控程序，输入数控机床的数控系统，才能进行零件的数控加工。把刀位源文件转换成特定机床能执行的数控程序的过程称为后处理。

UG NX 提供了两种后处理器：图形后处理器和 UG 后处理器。

1．图形后处理器

图形后处理器进行后处理时，必须先生成刀位源文件。主要用来选取、编修及检视由操作选项所产生的 CLS 文件，最后进行后处理，从而产生 NC 文件。程序可同时操作整个 CLSF 或只处理 CLSF 中的单一刀具路径。刀具路径中包含刀具移动、机械坐标系、刀具参数、显示设定及其他刀具路径资料。

图形后处理器进行后处理时步骤如下。

1）单击“加工操作”工具条中的“输出 CLSF”按钮，系统弹出如图 1-49 所示的“CLSF 输出”对话框。在“CLSF 格式”列表中选择“CLSF_STANDARD”，在“文件名”文本框中设置生成 CLS 文件的目录和名称，单击“确定”按钮，则生成 CLS 文件。

2）选取菜单命令“工具”→“CLSF”，系统弹出“指定 CLSF”对话框，选择刚才生成的 CLS 文件，单击“OK”按钮，系统弹出如图 1-50 所示的“CLSF 管理器”对话框。



图 1-49 “CLSF 输出”对话框



图 1-50 “CLSF 管理器”对话框

3）在图 1-50 所示的列表中选取后一个操作的源文件，选择该操作的源文件，然后单击“后处理”按钮，系统弹出如图 1-51 所示的“NC 后处理”对话框。



图 1-51 “NC 后处理”对话框

4）在“NC 后处理”对话框中指定 MDF 文件，单击“MDF 名”下面的“指定”按钮，然后找到所用的 MDF 文件。

5）在“NC 输出”下拉列表中选择“文件”，然后单击“输出文件”按钮，用于指定后处理后输出文件的位置。

6）在“输入单位”下拉列表中选择“毫米”。

7）单击“后处理”按钮，即后处理结束，生成*.ptp 文件。

提示：图形后处理器必须要有 MDF（机床数据文件）文件，用户可以根据自己的需要设置 MDF 文件。

2．UG NX 8.5 后置处理器

UG NX 8.5 后置处理器即 UG / POST，是 UG NX 8.5 软件提供的一个后置处理程序。与图形后处理相比，UG / POST 可直接从零件的刀具路径中提取信息进行后处理，而不必生成刀具位置源文件，因此用起来很方便。同时，UG / POST 允许用户自己定义后处理命令，可以为更多类型的机床提供后处理。UG / POST 通过与图形后处理相似的途径，将产生的刀具路径转换成指定的机床控制系统所能接受的加工程序。

UG / POST 进行后置处理的步骤：生成工件的刀具路径；通过 POST BUILD 生成事件管理器文件和定义文件，并将生成的事件管理器文件和定义文件增添到后置处理模板中；进入 UG / POST 后处理环境进行后置处理，从而生成可用于指定机床的数控加工程序。用 UG / POST 进行后置处理时，可以在 UG 加工环境中进行，也可以在操作系统下进行。

（1）在 UG NX 加工环境中进行后置处理

在操作导航工具的程序顺序视图中，选择已生成的刀具路径的操作和程序名称，选择

“工具”→“工序导航器”→“输出”→“NX Post 后处理”命令，或者单击“加工操作”工具条中的“后处理”按钮，系统弹出如图 1-52 所示的“后处理”对话框。在“后处理器”列表框中选择后处理器，在“文件名”文本框中输入后处理后输出文件的位置和名称，单击“确定”或“应用”按钮。



图 1-52 “后处理”对话框

（2）在操作系统环境中进行后置处理

在操作系统环境中，可对包含刀具路径的 UG NX 零件文件进行后置处理。

选择“开始”→“程序”→“Siemens NX 8.5”→“加工”→“ugpost”命令，如图 1-53 所示，系统弹出如图 1-54 所示的“Run UGPost”对话框。依次在对话框中设置 UG NX 后处理器的路径和文件名、机床定义文件路径和文件名、需要进行后置处理的零件路径和文件名、程序列表的输出路径和文件名，以及错误信息输出文件的目录和文件名等，单击“Apply”按钮。后置处理结束将生成*.ptp 的后置处理输出文件。该文件数控加工程序是文本文件，可以在 Word 或记事本中修改。



图 1-53 后置处理

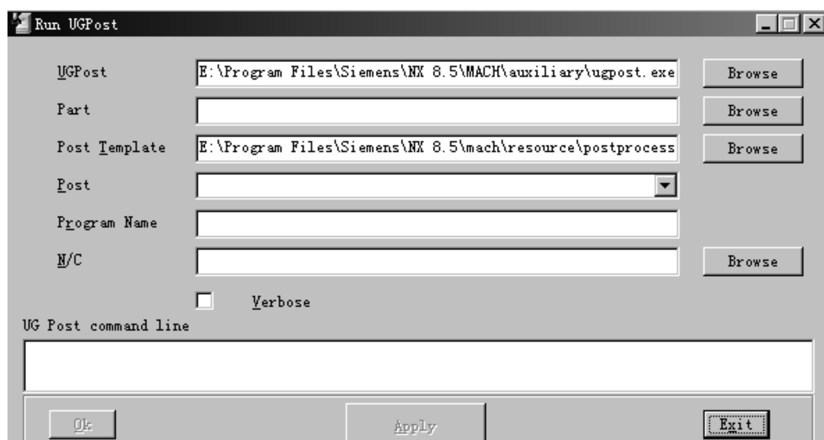


图 1-54 “Run UGPost”对话框

刀具路径必须经过后置处理才可以生成数控机床可以识别的数控加工程序，因此刀具路径需要后置处理。后置处理结束后，建立车间工艺文件，把加工有关信息送达给加工程序的使用者。

1.5.6 后处理实例

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的按钮，系统弹出“打开”对话框，选择本书光盘中的 “X: / 1 / 1_1.prt”文件，单击“OK”按钮。

进入加工环境，选择菜单命令“开始”→“加工”，系统直接进入加工环境，因为事先已经创建刀具路径。

单击“导航器”工具条中的“程序顺序视图”按钮，“工序导航器”显示“程序顺序”视图，如图 1-55 所示，依次选择程序顺序视图中的 4 个工序，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“后处理”命令，如图 1-56 所示。系统弹出如图 1-57 所示的“后处理”对话框。按图 1-57 设置有关参数，单击“确定”或“应用”按钮，系统弹出如图 1-58 所示的“多重选择警告”对话框。单击“确定”按钮，系统弹出如图 1-59 所示的“信息”窗口，窗口里显示 CNC 数控加工程序。



图 1-55 程序顺序视图



图 1-56 选取工序



图 1-57 “后处理”对话框

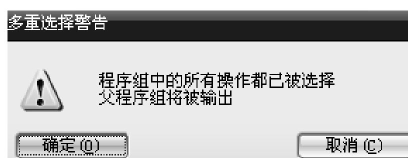


图 1-58 “多重选择警告”对话框

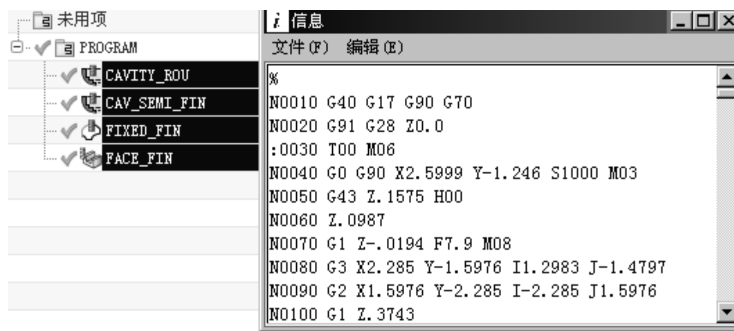


图 1-59 “信息”窗口

第 2 章　NX 8.5 数控加工基础知识

数控编程的主要内容包括：分析加工要求并进行工艺设计，以确定加工方案，选择合适的机床、刀具、夹具，确定合理的走刀轨线及切削用量等；建立工件的几何模型、计算加工过程中刀具相对于工件的运动轨迹或机床运动轨迹；按照数控系统可接受的程序格式，生成零件加工程序，然后对其进行验证和修改，直到得到合格的加工程序。

2.1　数控程序编制基础

日益增多的复杂形状零件和高精、高效的加工对数控编程技术提出了越来越高的要求，因此复杂零件的加工一直是数控编程技术的主要研究内容。

目前的编程系统对于三坐标加工一般能较好地完成，且能够达到较高的稳定性。对于多轴加工，虽然在加工复杂形状零件的许多方面有着显著的优势，但多轴加工编程较复杂，特别是零件形状具有复杂多变性，因而要实现较通用的多坐标自动编程难度较大。所以，目前编程系统中对多坐标加工都采取面向专用零件的方式。

加工方案与加工参数的选择是否合理极大地影响了数控加工的效率与质量，而在复杂形状零件的加工过程中，切削状态一般来说都是一直变化的，因此加工参数的优化措施还必须具有自适应的特点。对于加工方案与参数的自动与优化是数控编程走向智能化与自动化的重要标志和要解决的关键问题。在建立工艺数据库的基础上，采取自动特征识别和基于子特征与知识的编程是解决该问题的重要途径。

数控编程系统与计算机辅助设计系统、加工过程控制系统、质量控制系统等的集成化的目的是便于各系统间的信息反馈和并行处理，提高编程以至于整个产品设计制造过程的效率与质量。编程系统与 CAD 系统集成化目前多采用以实体造型几何数据库为核心的集成方法，这样便于直接从 CAD 数据库中提取所需要的几何信息及拓扑信息进行数控编程，但这种方式仍然需要较多的人工干预。还有一种以产品模型数据库为核心的集成化方法。采用新一代特征造型技术的产品模型的建立包含了产品的完整信息，因此有利于根据模型所包含的几何和非几何信息来自动确定加工方案、加工参数等，是一种很有价值的集成化方法，目前这种方法仍处于研究与开发之中。

数控编程可分为手工编程和自动编程两类。

（1）手工编程

手工编程时，整个程序的编制过程由人工完成。这就要求编程人员不仅要熟悉数控代码及编程规则，而且还必须具备机械加工工艺知识和一定的数值计算能力。手工编程对简单零件通常是可以胜任的，但对于一些形状复杂的零件或空间曲面零件，编程工作量十分巨大，计算烦琐，花费时间长，而且非常容易出错。不过，根据目前生产实际情况，手工编程在相当长的时间内还会是一种行之有效的编程方法。手工编程具有很强的技巧性，并有其自身特

点和一些应该注意的问题，将在后续内容中予以阐述。

（2）自动编程

自动编程是指编程人员根据零件图样的要求，按照某个自动编程系统的规定，编写一个零件源程序，输入编程计算机，再由计算机自动进行程序编制，并打印程序清单和制备控制介质。自动编程既可以减轻劳动强度，缩短编程时间，又可减少差错，使编程工作简便。

对于几何形状不太复杂的零件和点位加工，所需的加工程序不多，计算也较简单，出错的机会较少，这时用手工编程还是经济省时的，因此，至今仍广泛应用手工编程方法来编制这类零件的加工程序。但是对于复杂曲面零件，几何元素并不复杂，但程序量很大的零件（如一个零件上有数千个孔）；以及铣削轮廓时，数控装置不具备刀具半径自动偏移功能，而只能按刀具中心轨迹进行编程等情况，由于计算相当烦琐及编写的程序较大，手工编程就很难胜任，即使能够编出来，也耗时长，效率低，易出错。据国外统计，用手工编程时，一个零件的编程时间与在机床上实际加工时间之比平均约为 30∶1。数控机床不能开动的原因中有 20%～30%是由于加工程序不能及时编制出来而造成的，因此，必须要求编程自动化。

2.1.1 数控程序的基本结构

一个完整的程序由开始符、程序号、程序主体以及程序结束组成，一个程序是一组被传送到数控装置中的指令和数据。如表 2-1 所示为 FANUC 0i 系统加工程序的一般格式示例。

表 2-1 程序结构

程 序	程序注释
% O0001	开始符 程序名
N0010 G92 X0 Y0 Z30 N0020 M03 S800 M08 … N0160 G00 Z30 M09 N0170 M05	程序主体
N0180 M30 %	程序结束

由表 2-1 所示的程序结构可知，程序由若干个程序段构成的，每个程序段又是由若干个程序字组成的。一般来说，每个程序段占一行。程序段是可作为一个单位来处理的、连续的字组，是数控加工程序中的一条语句。

程序段格式是指一个程序段中各自的特定排列顺序及表达形式。不同的数控系统，程序段格式不一定相同。格式不合规定，数控装置会发出出错报警。

程序段格式主要有固定顺序程序段格式、带分隔符的程序段格式、字地址可变程序段格式等 3 种。固定顺序程序段格式现在已很少采用。带分隔符的程序段格式采用分隔符号将各字分开，每个字的顺序所代表的功能固定不变，这种程序段格式不直观，易出错，常用于功能不多、相对固定的数控装置中。

目前国内外应用最广泛的是字地址可变程序段格式，前面所举例子就是使用这种程序段格式。字地址可变程序段格式具有如下特点：

1）在程序段中，每个字都是由英文字母开头，后面紧跟数字。字母代表字的地址，故

称为字地址格式。

2）一个程序段中各自的排列顺序并不严格，但习惯上仍按一定顺序排列，以便于阅读和检查。

3）尺寸数字可只写有效数字，不必写满规定位数。

4）不需要的字及与上一程序段相同的模态字可以省略。模态字也称续效字，指某些经指定的 G 功能和 M、S、T、F 功能，它一经被运用，就一直有效，直到出现同组的其他模态字时才被取代。

采用这种程序段格式，即使对同一程序段，写出的字符数也可以不等，因此称为可变程序段格式。优点是程序简短、直观、不易出错。

1．指令字的格式

一个指令字是由地址符（指令字符）和带符号（如定义尺寸的字）或不带符号（如准备功能字 G 代码）的数字数据组成的。

程序段中不同的指令字符及其后续数值确定了每个指令字的含义。在数控程序段中包含的主要指令字符如表 2-2 所示。

表 2-2　指令字符一览表

机　　能	地　　址	意　　义
零件程序号	%	程序编号：%1～4294967295
程序段号	N	程序段编号：N0～4294967295
准备机能	G	指令动作方式（直线、圆弧等）G00～99
尺寸字	X，Y，Z	坐标轴的移动命令 -99999.999～+99999.999
	A，B，C	
	U，V，W	
	R	圆弧半径固定循环的参数
	I，J，K	圆心相对于起点的坐标固定循环的参数
进给速度	F	进给速度的指定 F0～24000
主轴机能	S	主轴旋转速度的指定 S0～9999
刀具机能	T	刀具编号的指定 T0～99
辅助机能	M	机床侧开/关控制的指定 M0～99
补偿号	H，D	刀具补偿号的指定 00～99
暂停	P，X	暂停时间的指定 秒
程序号的指定	P	子程序号的指定 P1～4294967295
重复次数	L	子程序的重复次数，固定循环的重复次数
参数	P，Q，R	固定循环的参数

2．编程的规定

1）上一程序段（句）的终点为下一程序段（句）的起点。

2）上一程序段（句）中出现的模态值，下一句中如果不变，可省略；X、Y、Z 坐标如果没有移动，可省略。

3）程序的执行顺序与程序号 N 无关，只按程序段（句）书写的先后顺序执行，N 可任

意排，也可省略。

4）在同一程序段（句）中，程序的执行与 M、S、T、G、X、Y、Z 的书写无关，按系统自身设定的顺序执行，但一般按一定的顺序书写：N、G、X、Y、Z、F、M、S、T。

数控编程的指令主要是 G、M、S、T、X、Y、Z 等都已实现标准化，但不同的数控系统并不完全一致，所编的程序不能完全通用，可参照相应系统的编程说明书，但基本上大同小异，学会一种就很容易学会另一种。

一般情况下，一个基本的数控程序由以下几部分组成：

1）程序起始符。一般为“%”，有的数控系统也采用其他字符，应根据数控机床的操作说明使用。程序起始符单列一行。

2）程序名。单列一行，有两种形式：一种是以规定的英文字母（通常为 O）为首，后面接若干位（通常为 2 位或 4 位）数字，如 O523，也可称为程序号；另一种是以英文字母、数字和符号“-”混合组成，比较灵活。程序名具体采用何种形式是由数控系统决定的。

3）程序主体。由多个程序段组成，程序段是数控程序中的一句，单列一行，用于指令机床完成某一个动作。每个程序段又由若干个程序字（Word）组成，每个程序字表示一个功能指令，因此又称为功能字，它由字首及随后的若干个数字组成（如 X100）。字首是一个英文字母，称为字的地址，它决定了字的功能类别。一般字的长度和顺序不固定。在程序末尾一般有程序结束指令，如 M30，用于停止主轴、切削液和进给，并使控制系统复位。

4）程序结束符。程序结束的标记符，一般与程序起始符相同。

以上是数控程序结构最基本的形式，也是采用交互式图形编程方式后处理所得到的最常见的程序形式。更复杂的程序还包括注释语句、子程序调用等，这里不作更多的介绍。

2.1.2 常用的数控指令

数控程序字按其功能的不同可分为若干种类型，下面分别予以简单介绍。

1．顺序号字

程序段号也称为顺序号字或程序段序号。程序段号字一般位于程序段之首，它由地址符 N 和随后的 1～4 位的正整数组成，如 N0010。数控加工中的程序段号与一般的计算机高级编程语言中程序段号有所区别，数控加工的程序段号实际上是程序段的名称，数字的大小与程序执行的先后次序无关。数控编程中的程序段在存储器内是以输入的先后顺序排列的，数控系统严格按照存储器内的程序段的排列顺序逐段执行。

程序段号的作用：一方面是方便对程序的校对和检索修改，当发现程序中某一程序段需要修改时，利用程序段号可以迅速地找到该程序段，进行修改；另一方面是在子程序中，可以作为条件转向的目标，即作为转向目的程序段的名称。

程序段号也可以省略，但带有程序段号的程序段可以进行复归操作，这是指加工可以从程序的中间开始，或回到程序中断处继续执行。

程序段号的一般使用方法：一般情况下不用 N00 作顺序段号，数字部分应用整数，N 与数字之间、数字与数字之间不能有空格，顺序号的数字也不一定要从小到大使用。编程时一般将第一条程序段冠以 N10，以后以间隔 10 递增的方法设置程序段号。这样做的目的是在调试程序时，如果需要在 N10 和 N20 之间插入程序段时，就可以使用 N11、N12 等程序段

号，从而不影响程序段号数字大小排序顺序。

2．准备功能字

准备功能字以字母 G 开头，后接一个两位数字，因此又称为 G 指令，它是控制机床运动的主要功能类别。常用的 G 指令如下。

1）G00：快速点定位，即刀具快速移动到指定坐标，用于刀具在非切削状态下的快速移动，其移动速度取决于机床本身的技术参数。如刀具快速移动到点（120, 120, 100）的指令格式为

```
G00 X120.0 Y120.0 Z100.0
```

2）G01：直线插补，即刀具以指定的速度直线运动到指定的坐标位置，是进行切削运动的两种主要方式之一。如刀具以 250mm/min 的速度直线插补运动到点（200, 200, 200）的指令格式为

```
G01 X200.0 Y200.0 Z200.0 F250
```

3）G02、G03：顺时针和逆时针圆弧插补，即刀具以指定的速度以圆弧运动到指定的位置。G02/G03 有两种表达格式：一种为半径格式，使用参数值 R，如 G02 X150. Y150. R60. F150 表示刀具以 150mm/min 的速度沿半径为 60 的顺时针圆弧运动至终点（150, 150），其中 R 值的正负影响切削圆弧的角度，R 值为正时，刀位起点到刀位终点的角度小于或等于 180°，R 值为负时，刀位起点到刀位终点的角度大于或等于 180°；另一种为向量格式，使用参数 I、J、K 给出圆心坐标，并以相对于起始点的坐标增量表示。如 G02 X100. Y100. I50. J50. F150 表示刀具以 150mm/min 的速度沿一顺时针圆弧运动至点（100, 100），该圆弧的圆心相对于起点的坐标增量为（50, 50）。

4）G90、G91：绝对指令、增量指令。其中 G90 指定 NC 程序中的刀位坐标是以工作坐标系原点为基准来计算和表达的。而 G91 则指定 NC 程序中每一个刀位点的坐标都是以其相对于前一个刀位点的坐标增量来表示的。

5）G40、G41、G42：刀具半径左补偿、右补偿和取消半径补偿。用半径为 R 的刀具切削工件时，刀轨必须始终与切削轮廓有一个距离为 R 的偏置，在手工编程中进行这种偏置计算往往十分麻烦。如果采用 G41、G42 指令，刀轨轨迹会被自动偏移一个 R 距离，而编程只要按工件轮廓去考虑即可。在 G41、G42 指令中，刀具半径是用其后的 D 指令指定。所谓左补偿，是指沿着刀具前进的方向，刀轨向左侧偏置一个刀半径的距离。

在交互式图形编程中，由于刀轨是在工件表面的偏置面上计算得到的，因此不需要再进行半径补偿，即一般不使用 G40～G42 指令。

6）G54、G92：加工坐标系设置指令。G54 是数控系统上设定的寄存器地址，其中存放了加工坐标系（一般是对刀点）相对于机床坐标系的偏移量。当数控程序中出现该指令时，数控系统即根据其中存放的偏移量确定加工坐标系。G92 是根据刀具起始点与加工坐标系的相对关系确定加工坐标系，其格式示例为

```
G92 X20.0 Y30.0 Z50.0
```

表示刀具当前位置（一般为程序起点位置）处于加工坐标系（20, 30, 50）处，这样就等于通过刀具当前位置确定了加工坐标系的原点位置。

3．辅助功能字

辅助功能字也称为 M 功能、M 指令或 M 代码，一般后面跟 1～3 位正整数，用于控制机床加工时作一些辅助动作的指令，如主轴的正反转、切削液的开关等。

在通常情况下，一个程序段中仅能指定一个 M 代码，在某些情况下最多可以指定 3 个 M 代码。JB3208—1999 规定辅助功能（M 代码）有 M00～M99 共 100 种，其中有许多不指定功能含义的 M 代码，留待机床厂家自行规定。因此，M 功能代码常因机床厂家以及机床结构的差异和规格的不同而有所区别，编程人员编程时应该认真阅读机床说明书，熟悉具体机床的 M 代码。表 2-3 是配有 FANUC 0i 系统的加工中心的辅助功能表。

表 2-3　配有 FANUC 0i 系统加工中心的部分辅助功能表

<table>
<tr><th>序号</th><th>代码</th><th>功能</th><th>序号</th><th>代码</th><th colspan="2">功能</th></tr>
<tr><td>1</td><td>M00</td><td>程序停止</td><td>15</td><td>M19</td><td colspan="2">主轴定向</td></tr>
<tr><td>2</td><td>M01</td><td>选择停止</td><td>16</td><td>M60</td><td colspan="2">交换工作台</td></tr>
<tr><td>3</td><td>M02</td><td>程序结束</td><td>17</td><td>M70</td><td colspan="2">镜像取消</td></tr>
<tr><td>4</td><td>M03</td><td>主轴正转</td><td>18</td><td>M71</td><td colspan="2">Z 轴镜像</td></tr>
<tr><td>5</td><td>M04</td><td>主轴反转</td><td>19</td><td>M72</td><td colspan="2">Y 轴镜像</td></tr>
<tr><td>6</td><td>M05</td><td>主轴停止</td><td>20</td><td>M81</td><td>刀具松开</td><td rowspan="6">只用于 MDI 调试</td></tr>
<tr><td>7</td><td>M06</td><td>自动换刀</td><td>21</td><td>M82</td><td>刀库出</td></tr>
<tr><td>8</td><td>M07</td><td>喷雾</td><td>22</td><td>M83</td><td>刀库进</td></tr>
<tr><td>9</td><td>M08</td><td>切削液开</td><td>23</td><td>M84</td><td>刀具夹紧</td></tr>
<tr><td>10</td><td>M09</td><td>切削液关</td><td>24</td><td>M85</td><td>工作台升起</td></tr>
<tr><td>11</td><td>M10</td><td>Z 轴锁紧</td><td>25</td><td>M86</td><td>工作台落下</td></tr>
<tr><td>12</td><td>M11</td><td>Z 轴松开</td><td>26</td><td>M98</td><td colspan="2">调用子程序</td></tr>
<tr><td>13</td><td>M12</td><td>开整体防护罩门</td><td>27</td><td>M99</td><td colspan="2">子程序结束返回主程序</td></tr>
<tr><td>14</td><td>M13</td><td>关整体防护罩门</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

常用 M 指令的功能说明如下。

（1）M00 与 M01

M00 指令的功能是使正在运行的程序在本程序段停止运行，不执行下段程序，同时现场的模态指令信息全部被保存下来，相当于程序暂停。要恢复程序运行，只要按下控制面板上的循环启动指令键，即可执行下一程序段。如果按下复位键，程序将回到起始位置。

M00 指令应用于在自动加工过程中，停止进行某些手动操作，如手动变速、换刀、排屑或在粗加工后发现工件尺寸偏差较大，通过修改刀具偏置数值等来保证精加工尺寸。M00 指令一般情况下单独设一程序段。

M01 指令的功能是程序选择停止。该指令的功能与 M00 类似，不同的是必须事先在控制面板上预先将“任选停止”选择开关打到“ON”的位置；如果在“OFF”的位置，则数控系统对 M01 不予理睬，程序继续执行。

例如：N0010 G00 X100 Y200

N0020 M01

N0030 X50 Y120

如果“任选停止”开关打在“ON”的位置，M01 指令有效，系统执行到 N0020 程序段时，

机床停止执行；反之，M01 的存在不影响原来的任何动作，系统接着往下执行 N0030 程序段。

M01 指令通过用于关键尺寸的抽样检查或临时停止加工，一般情况下单独设一程序段。

（2）M02 与 M30

M02 指令的功能是让加工程序全部结束，切断机床所有的动作，使主轴、进给、切削液都停止，并使程序复位。M02 指令必须编在最后一个程序段中，一般单独作为一个程序段。

M30 的功能是执行完程序段所有的指令后，使主轴、进给停止，切削液关闭，程序返回到开始状态，功能与 M02 有些相似。不同的是，该功能使程序自动返回到开始位置，以便继续执行同一程序，为批量加工时加工下一个工件做好准备。

（3）M03、M04、M05

M03、M04 的功能是让主轴正转、反转，它可以和其他指令在同一程序段中一起执行。如：M03 S1200，意思是主轴正转，转速为每分钟 1200 转。M05 是主轴停止转动，是在该程序其他指令执行完成后才执行主轴的停止动作。

（4）M08、M09

M08、M09 指令的功能是开、关切削液。注意：M00、M01、M02 也可以将切削液关掉。

4．其他功能字

1）尺寸字：也称为尺寸指令，主要用来指令刀位点坐标位置。如 X、Y、Z 主要用于表示刀位点的坐标值，而 R 用于表示圆弧的半径（参见 G02、G03 指令中的内容）。

2）进给功能字：以字母 F 开头，因此又称为 F 指令，用于指定刀具插补运动（即切削运动）的速度，称为进给速度，单位是毫米/分钟（mm/min）。

3）主轴转速功能字：以字母 S 开头，因此又称为 S 指令。用于指定主轴的转速，以其后的数字给出，单位是转/分钟（r/min）。

4）刀具功能字：用字母 T 及随后的号码表示，因此也称为 T 指令。用于指定加工时采用的刀具号，该指令在加工中心上使用。

以上介绍的是最基本的数控指令，使用它们已能够完成普通的数控编程任务。

2.1.3 典型实例

考虑刀具半径补偿编制如图 2-1 所示的零件的加工程序。要求建立如图所示的工件坐标系，按箭头所指示的路径进行加工，设加工开始时刀具距离工件上表面 50 mm，切削深度为 10 mm。

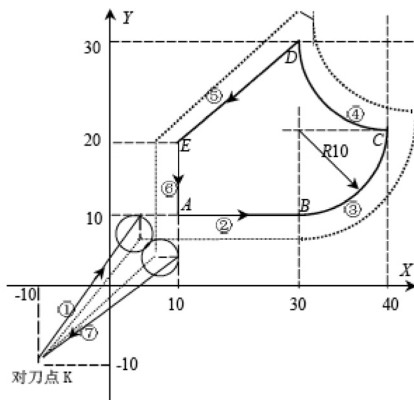


图 2-1　零件图

程序如下：

```
%
O0008；
N10G92 X−10 Y−10 Z50；
N20G90 G17；
N30G42 G00 X4 Y10 D01；
N40Z2 M03 S900；
N50G01 Z-10 F800；
N60X30；
N70G03 X40 Y20 I0 J10；
N80G02 X30 Y30 I0 J10；
N90G01 X10 Y20；
N100Y5；
N110G00 Z50 M05；
N120G40 X−10 Y−10；
N130 M02；
%
```

进行手工编程时，应注意以下几个问题和细节：

1）部分机床设置默认使用脉冲当量为单位，一个脉冲当量通常为 1μm，即 0.001mm，而加上小数点后的值被认为是尺寸，单位为 mm，所以在编程时一定不要忘记坐标值后的小数点。

2）注意参数值的正负，选择正确的切削方向和刀具补偿方向。

3）结合使用 G90/G91 可以减少计算量，但一定不能混淆。

4）编制程序时，刀具最好在同一平面内运行，避免 3 轴同时运动，如将 Z 轴运行列为单独的一个单节，这样安全性更高。

5）在程序末尾加工完成时，建议先使用 M05 停止主轴转动，再由 M02 或 M30 结束程序。M02/M30 也将停止主轴，但主轴所受的扭力较大，机床主轴齿轮寿命受损。

6）对较长的程序，建议使用 CAD/CAM 自动编程软件进行编程，或者在计算机上书写完整并检验后再传输到数控机床，这样可以避免或减少错误，同时减少机床待机时间，提高机床利用率。

2.1.4 CAM 数控加工工艺

1．数控加工的工艺特点

数控加工与通用机床加工相比较，其遵循的原则在许多方面基本一致。但由于数控机床本身的自动化程度较高，控制方式不同，设备费用也高，使数控加工工艺相应形成了以下几个特点：

（1）数控加工工艺远比普通机械加工工艺复杂

数控加工工艺要考虑加工零件的工艺性，加工零件的定位基准和装夹方式，也要选择刀具，制定工艺路线、切削方法及工艺参数等，而这些在常规工艺中均可以简化处理。因此，数控加工工艺比普通加工工艺要复杂得多，影响因素也多，因而有必要对数控编程的全过程进行综合分析、合理安排，然后整体完善。相同的数控加工任务，可以有多个数控工艺方

案，既可以选择以加工部位作为主线安排工艺，也可以选择以加工刀具作为主线来安排工艺。数控加工工艺的多样化是数控加工工艺的一个特色，是与传统加工工艺的显著区别。

（2）数控加工工艺设计要有严密的条理性

由于数控加工的自动化程度较高，相对而言，其自适应能力就较差。而且数控加工的影响因素较多，比较复杂，需要对数控加工的全过程深思熟虑，数控工艺设计必须具有很好的条理性，也就是说，数控加工工艺的设计过程必须周密、严谨，没有错误。

（3）数控加工工艺的继承性较好

凡经过调试、校验和试切削过程验证的，并在数控加工实践中证明是好的数控加工工艺，都可以作为模板，供后续加工相类似零件调用，这样不仅节约时间，而且可以保证质量。作为模板本身在调用中也是一个不断修改完善的过程，可以达到逐步标准化、系列化的效果。因此，数控工艺具有非常好的继承性。

（4）数控加工工艺必须经过实际验证才能指导生产

由于数控加工的自动化程度高，安全和质量是至关重要的。数控加工工艺必须经过验证后才能用于指导生产。在普通机械加工中，工艺员编写的工艺文件可以直接下到生产线用于指导生产，一般不需要上述的复杂过程。

高质量的数控加工程序，源于周密、细致的技术可行性分析、总体工艺规划和数控加工工艺设计。一般情况下，在选择和决定数控加工内容的过程中，有关工艺人员必须对零件图或零件模型进行足够具体与充分的工艺性分析。在进行数控加工的工艺性分析时，编程人员应根据所掌握的数控加工基本特点及所用数控机床的功能和实际工作经验，力求把这一前期准备工作做得更仔细、更扎实，以便为下面要进行的工作铺平道路，减少失误和返工，不留隐患。根据大量加工实例分析，数控加工中失误的主要原因多为工艺方面考虑不周和计算与编程时粗心大意。因此，在进行编程前做好工艺分析规划是十分必要的。

2．工艺分析和规划

交互式图形编程工艺分析和规划的主要内容包括加工对象及加工区域规划、加工工艺路线规划、加工工艺和加工方式规划 3 个方面。

（1）加工对象及加工区域规划

加工对象及加工区域规划是将加工对象分成不同的加工区域，分别采用不同的加工工艺和加工方式进行加工，目的是提高加工效率和质量。

常见的需要进行分区域加工的情况有以下几种：

1）加工表面形状差异较大，需要分区加工。例如，加工表面由水平平面和自由曲面组成。显然，对这两种类型的加工表面可采用不同的加工方式以提高加工效率和质量，即对水平平面部分采用平底铣刀加工，刀轨的行间距可超过刀具的半径，以提高加工效率；而对曲面部分则应使用球头刀加工，行间距远小于刀具半径，以保证表面粗糙度。

2）加工表面不同区域尺寸差异较大，需要分区加工。例如，对于较为宽阔的型腔可采用较大的刀具进行加工，以提高加工效率；而对于较小的型腔或转角区域使用大尺寸刀具不能进行彻底加工，应采用较小刀具以确保加工的完备性。

3）加工表面要求的精度和表面粗糙度差异较大时，需要分区加工。例如，对于同一表面的配合部位要求精度较高，需要以较小的步距进行加工；而对于其他精度和表面粗糙度要求较低的表面可以以较大的步距加工以提高效率。

4）为有效控制加工残余高度，应针对曲面的变化采用不同的刀轨形式和行间距进行分区加工。

（2）加工工艺路线规划



加工工艺路线规划是指整个工艺过程，不能以某一工序的性质和某一表面的加工来判断。例如有些定位基准面，在半精加工阶段甚至在粗加工阶段中就需加工得很准确。有时为了避免尺寸链换算，在精加工阶段中，也可以安排某些次要表面的半精加工。

在数控工艺路线设计时，首先要考虑加工顺序的安排。加工顺序的安排应根据零件的结构和毛坯状况，以及定位安装与夹紧的需要来考虑，重点是保证定位夹紧时工件的刚性和利于保证加工精度。加工顺序安排一般应遵循以下原则：

1）上道工序的加工不能影响下道工序的定位与夹紧，也要综合考虑。

2）加工工序应由粗加工到精加工逐步进行，加工余量由大到小。

3）先进行内腔加工工序，后进行外形的加工工序。

4）尽可能采用相同定位、夹紧方式或同一把刀具加工的工序，减少换刀次数与挪动压紧元件次数。

5）在同一次安装中进行的多道工序，应先安排对工件刚性破坏较小的工序。

数控加工的工艺路线设计还要考虑数控加工工序与普通工序的衔接，数控加工的工艺路线设计常常仅是几道数控加工工艺过程，而不是指毛坯到成品的整个工艺过程。由于数控加工工序常常穿插于零件加工的整个工艺过程中间，因此在工艺路线设计中一定要全面，使之与全部工艺过程协调吻合。如果协调衔接得不好就容易产生矛盾，最好的办法是建立下一工序向上一工序提出工艺要求的机制，如要不要留加工余量，留多少；定位面与定位孔的精度要求及几何公差；对校形工序的技术要求；对毛坯的热处理状态要求等。目的是达到相互能满足加工需要，且质量目标及技术要求明确，交接验收有依据。

（3）加工工艺和切削方式规划

加工工艺和切削方式规划是实施加工工艺路线的细节设计。其主要内容包括：

1）刀具选择。为不同的加工区域、加工工序选择合适的刀具，刀具的正确选择对加工质量和效率有较大的影响。

2）刀轨形式选择。针对不同的加工区域、加工类型、加工工序选择合理的刀轨形式，以确保加工的质量和效率。

3）误差控制。确定与编程有关的误差环节和误差控制参数，保证数控编程精度和实际加工精度。

4）残余高度的控制。根据刀具参数、加工表面特征确定合理的刀轨行间距，在保证加工表面质量的前提下尽可能提高加工效率。

5）切削工艺控制。切削工艺包括切削用量控制（包括切削深度、刀具进给速度、主轴旋转方向和转速控制等）、加工余量控制、进退刀控制、冷却控制等诸多内容，是影响加工精度、表面质量和加工损耗的重要因素。

6）安全控制。包括安全高度、避让区域等涉及加工安全的控制因素。

工艺分析规划是数控编程中较为灵活的部分，受到机床、刀具、加工对象（如几何特征、材料等）等多种因素的影响。从某种程度上可以认为工艺分析规划基本上是加工经验的体现，因此要求编程人员在工作中不断总结和积累经验，使工艺分析和规划更符合其实际工

作的需要。本书中将尽可能多地介绍一些常规的工艺规划要点。

2.2　UG NX 数控加工的基本步骤及思想

UG NX 8.5 提供了数十种操作模板，可以创建多种多样的刀轨，同一个文件，不同的技术员编制的加工刀轨也各不相同，但可以达到最终的加工要求。这说明 UG NX 8.5 功能的强大和多样性，但是不管加工工艺多么复杂，都是由基本的规律可循的。

2.2.1 基本步骤

在加工过程中，各表面的形成是通过若干个按一定顺序排列的操作来完成的。在定义每个操作时，需要选择加工几何对象、指定切削工具、定义加工参数和安排加工顺序，然后选择合适的加工模板来产生相应操作。在 UG NX 的加工环境中，所有的这些工作都是通过创建对话框来完成的。

UG NX 创建对话框包括创建“工序”对话框和 4 个创建组对话框。在 UG NX 的加工应用中，完成一个程序的生成需要经过以下几个步骤。

1．获得 CAD 数据模型并进入加工模块

首先需要获得 CAD 数据模型，建立主模型结构。提供数控编程的 CAD 数据模型，有两种方式：一是 UG NX 直接造型的实体模型；二是数据转换的 CAD 模型文件，如常见的 IGES 文件。然后进入加工模块，加工环境初始化。

提示：由于设计与数控编程一般是由不同的技术员完成，而且设计人员在建立 CAD 数据模型时更多考虑零件设计的方便性和完整性，没有完全考虑加工的需求，所以很多情况下需要对 CAD 数据模型进行数据处理，如：分析 CAD 数据模型。

对 CAD 模型进行适合于 CAM 程序编制处理。由于 CAD 造型人员更多考虑零件设计的方便性和完整性，并不顾及对 CAM 加工的影响，所以要根据加工对象的确定及加工区域规划对模型做一些完善。通常有以下内容：

1）坐标系的确定。坐标系是加工的基准，将坐标系定位于适合机床操作人员确定的位置，同时保持坐标系的统一。

2）隐藏部分对加工不产生影响的曲面，按曲面的性质进行分色或分层。这样一方面看上去更为直观清楚；另一方面在选择加工对象时，可以通过过渡方式快速地选择所需对象。

3）修补部分曲面。对于因有不加工部位存在而造成的曲面空缺部位，应该补充完整。如钻孔的曲面，存在狭小的凹槽的部位等，应该将这些曲面重新做完整，这样获得的刀具路径规范而且安全。

4）增加安全曲面。如将边缘曲面进行适当的延长。

5）对轮廓曲线进行修整。对于数据转换获取的数据模型，看似光滑的曲线可能存在着断点，看似一体的曲面在连接处可能不相交，这可通过修整或者创建轮廓线构造出最佳的加工边界曲线。

6）构建刀具路径限制边界。对于规划的加工区域，需要使用边界来限制加工范围，先构建出边界曲线。

2．创建父节点组

在创建的父节点组中存储加工信息，如刀具数据，凡是在父节点组中指定信息都可以被操作所继承。父节点组包括 4 种类型，如表 2-4 表示。

表 2-4　父节点含义

父节点组	包含的数据内容
刀　具	刀具尺寸参数、刀具号和刀具补偿号等
方　法	加工方法，如进给速度、主轴转速、切削方式和公差等
几何体	加工几何体数据，如零件、毛坯、MCS、安全平面、部件偏置和材料等
程序组	决定输出操作的顺序

提示：父节点也可以不先创建，而直接到工序对话框中的组设置进行设置。创建父节点在很多时候可以减少重复性的工作，如：要创建多个程序完成加工的工件，其中几个工序要用到同一把刀或者用刀同一几何体，则可在创建工序前，先创建好刀具和几何体。

3．创建操作并设置加工参数

在创建工序前先指定这个工序的类、程序、使用几何体、使用刀具和使用方法，并指定工序的名称，如图 2-2 所示。

创建操作时，在工序对话框中指定参数，这些参数都将对刀轨产生影响，工序对话框如图 2-3 所示。在对话框中需设定加工的几何体、工具、切削参数、机床控制、选项等参数，并且很多选项需要通过二级对话框进行参数的设置。不同的操作其需设定的操作参数也有所不同，同时也存在很多的共同选项。操作参数的设定是 UG 编程中最主要的工作内容，包括：



图 2-2 “创建工序”对话框



图 2-3 “平面铣”对话框

1）加工对象的定义：选择加工几何体、检查几何体、毛坯几何体、边界几何体、区域几何体、底面几何体等。

2）加工参数的设置：包括走刀方式的设定，切削行距、切深的设置，加工余量的设置，进退刀方式设置等。

3）工艺参数设置：包括角控制、避让控制、机床控制、进给率和主轴转速设定等。

提示：使用 UG NX 进行编程操作时，对工序对话框的设置应按照从上到下的顺序逐个进行设置和确认，以防止遗漏。对某些可能影响刀具路径的参数即使可以直接使用默认值，也要进行确认，以防万一因某个参数变化造成该参数的默认值发生了变化，在刀具路径生成后需要检验，确认无误后再作后置处理和创建车间工艺文件。

4．生成刀具路径

在完成所有必需的操作参数设置后，就可以生成刀具路径了。在每一个操作对话框中，都可以单击“操作”选项中的“生成”按钮，生成加工路径。

5．刀具路径检验

如果对创建的操作和刀具路径满意后，通过对屏幕视角的旋转、平移、缩放等操作来调整对刀轨的不同观察角度来观察，单击“重播”按钮，进行回放以确认刀具路径的正确性。对于某些刀具路径还可以用 UG NX 的切削仿真进一步检查刀轨，也可以先生成 CLS 文件，然后在 VeriCUT 软件中仿真。

6．后置处理并创建车间工艺文件

刀具路径必须经过后置处理才可以生成数控机床可以识别的数控加工程序，因此刀具路径需要后置处理。后置处理结束后，建立车间工艺文件，把加工有关信息送达给加工程序的使用者。

上述的基本过程可以表述为如图 2-4 所示的流程图。

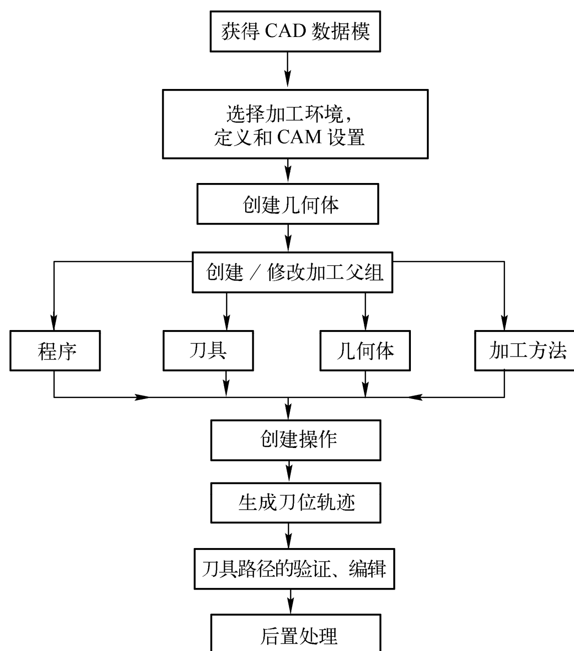


图 2-4　UG NX 数控程序生成的流程图

2.2.2 基本思想

数控加工的基本思想如下所示。

1．编程正确

最大限度地避免过切和撞刀。在实际加工前，数控加工编程始终都是在计算机里进行模拟，而在实际加工中可能会产生许多意想不到的情况，因此要求编程技术员必要认真仔细，确保编制的程序安全正确，否则加工出的就是废品，有时可能会导致损坏设备。为了确保正确可从以下几点做起。

1）树立责任感，仔细观察生成的刀轨，并检查操作参数，避免返工或报废。

2）在后处理前进行自动过切检查。

3）多到现场观察，了解加工程序的实际情况，积累经验，避免出错。

2．加工高效

效益是企业的生命，企业的效益就是靠提高加工效益实现的，尤其表现在大批量的零件加工中。在模具加工中也要重视高效性。总之，数控加工的高效追求永无止境。要生成高效的加工程序可从以下几点做起。

1）勤于学习，善于思考，多尝试，不断进步。

2）每把刀的程序力求精细，多做几个操作，达到更好的控制要求，以减少空闲时间。

3）多利用辅助线和辅助面，改善加工状况。

4）优先使用较大的刀具加工，再用小刀清角。

5）优先使用斜度刀，必要时可考虑使用成型刀。

3．思路清晰

思路清晰意思就是加工的思路要清晰，以及与车间人员的交代要清楚明白。

1）加工的思路要清晰，每把刀的顺序、加工的全过程和装夹方式等都需要清楚。

2）将工艺车间文件编写清楚并交代清楚。

4．参数合理

加工工艺参数是理论计算和经验结合的结果，涉及多方面的理论知识和经验。

1）了解工件加工质量的要求，在达到加工要求的前提下，设定合理参数，适当提高加工速度。

2）了解刀具知识和被加工材料方面的知识，设定合理的刀具参数和加工余量，包括主轴转速、进给速度、切削进给量和工件余量等。

3）了解模具方面的知识，明确模具加工精度要求较高的部分和并不重要的部分，从而设定合理的刀具参数。

2.2.3 编制高质量的数控程序

1．NC 程序的质量判断

NC 程序的质量是衡量 NC 程序员水平的关键指标，其判定标准可归纳为：

1）完备性。即不存在加工残留区域。

2）误差控制。包括插补误差控制、残余高度（表面粗糙度）控制等。

3）加工效率。即在保证加工精度的前提下加工程序的执行时间。

4）安全性。指程序对可能出现的让刀、漏刀、撞刀及过切等不良现象的防范措施和效果。

5）工艺性。包括进退刀设置、刀具选择、加工工艺规划（如加工流程及余量分配等）、切削方式（刀轨形式选择）、接刀痕迹控制以及其他各种工艺参数（如进给速度、主轴转速、切削方向、切削深度等）的设置、对机床及刀具的损耗程度、程序的规范化程度等。

在评价 NC 程序质量的各项指标中，有些内容存在一定程度的矛盾。例如，残余高度决定了加工表面的粗糙度，从加工质量来看，残余高度越小，加工表面质量越高，但加工效率就会降低。所以，在进行 NC 编程时，不应片面追求加工效率，而应综合权衡各项指标，在满足产品的质量要求及一定的加工可靠性的基础上提高加工效率。

2．数控程序人员的基本要求

为了编制高质量的数控加工程序，数控编程人员必须掌握一定的数控加工的相关基础知识，包括数控加工原理、数控机床结构和分类，以及数控机床的坐标系。作为一名数控编程技术员，有必要掌握一定的手工编程知识，包括程序结构和常用数控指令，这对于理解数控自动编程、后置处理等均有帮助。数控加工工艺分析和规划将影响数控加工的质量和效率，因此工艺分析和规划是数控编程的核心工作。在 UG NX 自动编程中，对数控工艺的分析和规划主要包括加工区域的划分与规划、刀轨形式与走刀方式的选择、刀具及机械参数的设置、加工工艺参数的设置。

2.3 加工的基本概念和通用参数

2.3.1 UG NX 8.5 CAM 和 UG NX 8.5 CAD 的关系

UG NX 8.5 CAM 虽然是 UG NX 8.5 中的一个重要模块，但是该模块并不是孤立存在的，而是与其他模块有着紧密联系的，特别是与 CAD 模块密不可分。CAM 与 CAD 是相辅相成的，两者之间经常需要数据的转换。CAM 直接利用 CAD 创建的模型进行加工编程，CAD 模型是数控编程的前提和基础，任何 CAM 程序的编制都要有 CAD 模型作为加工的对象。如果 CAD 的模型有变动或者修改，CAM 中的数据也会随着 CAD 的数据更改而自动更新，从而避免了不必要的重建工作，提高了工作效率。

2.3.2 加工术语和定义

加工术语和定义说明如下所示。

1）模板文件：包含刀具、加工方法和操作等信息，并能将其复制到其他零件中的任何一个零件文件。引用模板文件可节省编程时间，提高工作效率。

2）工序：包含所有用于生产刀具路径的信息，如几何、刀具、加工余量、进给量、切削深度和进刀退刀方式等，创建一个操作相当于产生一个工步。

3）刀具路径：由操作生成的，包含加工几何的刀具位置、进给量、切削速度和后置处理命令等信息。在一个刀具位置源文件中可包含一个或多个刀具路径。

4）后置处理：将 UG NX 生成的刀具路经转换为指定的数控系统可以识别的数控代码，其处理结果是用于数控机床加工的 NC 程序。

5）加工坐标系：所有刀位文件输出点的基准位置，刀具路径中的所有数据相对于该坐

标系，它是所有加工模板的默认对象之一。在一个零件中，可以建立多个加工坐标系，但每次只显示一个加工坐标系。系统默认的加工坐标系与绝对坐标系相同。

6）参考坐标系：确定所有非模型数据（如刀轴方向及安全平面）的基准位置。系统默认的参考坐标系与绝对坐标系相同。

7）步进：指两相邻刀具路径之间的距离。对于车削加工是指径向切削的切削深度；对于铣削加工是指铣削宽度，即行距。

8）材料侧：指定保留边界的那一侧的材料不被切除。

9）边界：限制刀具运动的直线或曲线，用于定义切削区域。边界可以是封闭的，也可以是不封闭的。

10）毛坯几何：指定将代表要切削掉的原始材料的几何体或小平面体。

11）部件几何：表示加工完成后的部件，一般为一个实体。

12）检查几何：指加工过程中，要避开与刀具或者刀柄碰撞的对象，比如用于固定部件的夹具。

13）工件：指包含部件信息和毛坯信息的过程零件。

14）IPW（In Process Workpiece）：指的是一道加工工序完成后剩余的材料，又叫中间毛坯。在型腔铣中，为了更加高效地生成粗加工、半精加工程序，需要经常使用 IPW 作为毛坯几何，IPW 为小平面模型。UG NX 8.5 版本在型腔铣中可自动创建 IPW，作为下一道工序的毛坯。在使用 IPW 时，刀轨必须要按照顺序产生，从第一个操作到最后一个操作，都是在同一个几何组中。刀具轨迹必须是成功产生，这样，上一步操作的 IPW 才能用于下一步的操作。

2.3.3 设置加工默认参数

加工参数预设置功能操作过程：选择“首选项”→“加工”命令，系统弹出如图 2-5 所示的“加工首选项”对话框。对话框中包括 7 个选项卡，在此对话框中，可以对有关的加工选项进行设置。

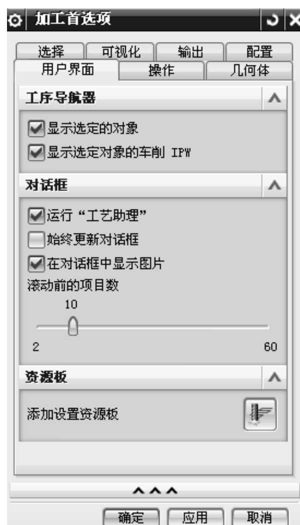


图 2-5 “加工首选项”对话框

1．操作设置

在“加工首选项”对话框中，单击“操作”选项卡，可进行常规设置。常规设置如表 2-5 所示。

表 2-5　操作设置

选　项	功　能
在每一刀轨前刷新	选取该选项，在显示每一轨之前，刷新图形窗口
更新实例	更新阵列。当选中此复选框时，再重新生成时会将阵列一起更新
每一刀轨后暂停	显示每一层刀位轨迹后暂停
在每一刀轨前刷新	在显示每一个刀位轨迹前清除屏幕中现有的刀位轨迹
链接 MCS/RCS	选择该选项，可使参考坐标系（RCS）定位在与加工坐标系（MCS）重合的位置。RCS 用于定位操作中的非模型几何，比如刀具轴矢量、安全平面等。由于关于 RCS 的知识不是必需的
重新定位参数	重置操作参数。此选项可重新设置操作参数与目前的参考坐标系（RCS）生成关联，但若 RCS 坐标系的状态为 Stored，则此功能无效
断开链接实例	中断复制操作的关联性。此功能允许用户只编辑目前的操作，而经转换后所生成的操作不会被修改
包含实例	引入加载加工模块的例子
生成刀轨	生成刀位轨迹。选择此复选框，该操作转换后将生成一个新的刀位轨迹
在操作中自动设置	在加工操作时，系统自动进行参数设置

2．可视设置

可视设置主要用于视觉颜色的设置，单击“加工首选项”对话框中的“可视化”选项卡，可进行可视设置。可视设置如表 2-6 所示。

表 2-6　可视设置

选　项	功　能
刀具显示	在动态检验刀轨的时候，刀具的显示颜色
过切	在动态检验刀轨的时候，过切部位的显示颜色
碰撞	在动态检验刀轨的时候，发生碰撞的显示颜色
多余材料	在动态检验刀轨的时候，欠切材料的显示颜色
动态 IPW	在动态检验刀轨的时候，IPW 的显示颜色

3．配置设置

单击“加工首选项”对话框中的“配置”选项卡，可进行配置设置。

（1）配置文件

1）浏览：单击“浏览”按钮，从磁盘上另选一个加工环境配置文件（.dat），从而改变部件的加工环境（UG CAM 的加工环境被定义在.dat 文件中）。

2）重置为默认值：单击“重置为默认值”按钮，回到默认的加工环境（默认的加工环境是 mill-planar.dat）。

（2）模板设置

1）浏览：单击“浏览”按钮，从磁盘上另选一个操作模板集（.opt 文件），改变部件加工环境中可用的操作模板类型，加工环境的其余内容不变。

2）重置为默认值：单击“重置为默认值”按钮，回到默认的操作模板集（默认的操作模板集是 cam-general.opt）。

4．几何体设置

几何体设置用于几何体颜色的设置和选择类型的设置，单击“加工首选项”对话框中的“几何体”选项卡，可进行几何体设置。几何体设置如表 2-7 所示。

表 2-7　几何体颜色设置

选　　项	功　　能
部件	指定零件几何的显示颜色
毛坯	指定毛坯几何的显示颜色
检查	指定检查几何的显示颜色
驱动	指定驱动几何的显示颜色
修剪	指定修剪几何的显示颜色
未切削区域	指定平面铣的未切削区显示颜色
安全距离	指定安全平面的显示颜色
切削区域	指定曲面轮廓铣的区域铣的切削区显示颜色
壁	指定壁的显示颜色
辅助底面	指定辅助底部面的显示颜色
顶面切削层	指定顶面层的显示颜色
优化的切削层	指定优化的切削层的显示颜色

5．用户界面设置

单击“加工首选项”对话框中的“用户界面”选项卡，可进行用户界面设置。用户界面设置如表 2-8 所示。

表 2-8　用户界面颜色设置

选　　项	功　　能
“工序导航器”选项	选中该选项组中的复选框表示显示选定对象，对其进行车削处理
运行“工艺助理”	提供工艺帮助
始终更新对话框	将当前设置的模板应用于后续打开的零件
在对话框中显示图片	将鼠标置于某一图标后可以显示提示性的图片，帮助用户理解该图标的用途
滚动前的项目数	该滑块用于设置带滚动条的对话框可容纳项目的最大数量

6．输出设置

单击“加工首选项”对话框中的“输出”选项卡，可进行输出设置。输出设置如表 2-9 所示。

表 2-9　编辑选项

选　　项	功　　能
小数位数滑块	可调整生成的 CLSF 文件中，刀位轨迹中驱动点坐标的小数点后的位数，默认值是 4
强制 LOAD 和 TURRET	选中该复选框表示只要有刀具更换时系统就会附加一个合适的力或力矩命令到 CLSF 中

2.3.4 安全高度

一个完整的刀轨，除了对工件实现切削的那部分切削刀轨，还在切削刀轨前后的非切削运动的刀轨，通常情况下，都需要定义的非切削运动参数是安全高度。当一段刀轨结束，要转移到另一处加工时，就需要将刀具提高到安全高度，运动到另一处，再进刀加工，这个过程就是横越运动。但在实际加工时，为了提高加工效率，通常指定横越运动发生在先前平面的高度上，系统会自动计算避免过切。先前平面是平面铣和型腔铣操作中的进退刀参数，指的是上一切削层的高度。

定义安全高度有两种方法，可以在加工坐标系中定义，也可以在“非切削移动”对话框中的“转移 / 快速”选项栏下的“安全设置选项”中定义。一般情况下，可以为每个要加工的工件定义一个加工坐标系，然后在加工坐标系中定义。详细定义方法请参照本章的几何体创建有关内容。

2.3.5 余量和公差的设置和意义

在“切削参数”对话框中的“余量”选项组中只有部件余量文本框用于设置当前创建的加工方法指定部件余量。部件余量是指零件加工后没有切除的材料量。这些材料在后续加工操作中被切除，余量的大小应根据加工精度要求的高低来确定，如果是最终加工工序，则零件余量为零。引用该加工方法的所有操作都具有相同的加工余量。

“公差”选项组中的内公差/切出公差定义了刀具在加工过程中离零件表面的最大距离，指定的值越小，加工精度越高。内公差限制刀具在加工过程中越过零件表面的最大过切量，切出公差是刀具在切削过程中没有切至零件表面的最大间隙。

2.3.6 创建刀具

在加工过程中，刀具是从工件上切除多余材料的工具。在创建铣削、车削和孔加工操作时，必须创建刀具或从刀具库中选取刀具。创建和选取刀具时，应考虑加工类型、加工表面的形状和加工部位的尺寸大小等因素。

1．创建刀具的基本步骤

单击“刀片”工具条上的“创建刀具”按钮，系统弹出如图 2-6 所示的“创建刀具”对话框，在下拉式列表中选取刀具类型为“mill_planar”，在“刀具子类型”选项中选择铣刀的类型，并在刀具“名称”文本框中输入刀具名称，最后单击“确定”或“应用”按钮。如果在“刀具子类型”选项中选择图标，则系统弹出如图 2-7 所示的“铣刀-5 参数”对话框，在该对话框中设置刀具的有关参数即可。

2．创建铣刀

在铣削加工中，用到的铣刀类型很多，如立铣刀、面铣刀、T 型键槽铣刀和鼓形铣刀等。在 UG 数控编程中常用的铣刀刀具中包含一般铣刀 4 种，桶状铣刀与 T 型铣刀各一种，以及钻头一种。4 种铣刀分别为 5 参数、7 参数、10 参数和球形铣刀，它们可分别定义出各种形状之刀具。7 参数与 10 参数铣刀仅可用于平面铣削、曲面轮廓加工及循序铣削，其他加工模式将忽略 5 参数以外的刀具参数，在实际应用中很少用到。球形铣刀是简化的 5 参数铣刀，它的下半径（R1）等于刀具直径（D）的一半。



图 2-6 “创建刀具”对话框



图 2-7 “铣刀-5 参数”对话框

铣刀定义的一般规则如下：所有输入之刀刃直径、侧边角度、刀具总长、端部半径以及刃长等数值必须不得为负值；拔模角度必须介于 90° 与-90° 之间；端部角度必须小于 90°；刃长不得超过刀具总长；刃数必须为正值；刀具总长必须大于端部角度造成之斜边长度；端部半径必须符合刀具底缘与侧边之限制。

5 参数铣刀为建立铣刀时的内建选项，同时也是数控编程中最为常用的一种刀具，其刀具外形及参数如图 2-7 所示。基本的刀具参数说明如下。

1）（D）直径：刀刃直径决定铣刀的刀具直径。值得注意的是，刀具的整体外形，包括端部角度及拔模角等，决定刀具路径的产生。换而言之，刀具路径并非只决定于刀刃直径。

2）（R1）下半径：下侧边圆弧半径是指刀具端部角落圆弧的半径。5 参数铣刀的下侧边圆弧半径可为 0，形成平底的端铣刀。若下侧边圆弧半径为刀刃直径的一半，则形成球刀。若下侧边圆弧半径小于刀刃直径的一半，则形成牛鼻刀。

3）（L）长度：刀具总长为所产生的铣刀实际的长度，包括刀刃及刀柄等部分的总长度。

4）（B）锥角：锥角为刀具侧边锥角，为主轴与侧边所形成的角。若拔模角度为正值时，刀具外形为上粗下细；若拔模角度为负值时，刀具外形为下粗上细；若拔模角度为 0

时，刀具侧边与主轴平行。

5）（A）尖角：尖角为铣刀端部与垂直于刀轴的方向所成的角度。若顶角为正值，则刀具端部形成一个尖点。

6）（FL）刀刃长度：刀刃长度为刀具齿部的长度，不一定代表刀具切削长度。

7）刀刃：刃数为刀刃的数目，该数值目前未包括在操作选项中，但刀具数据中应设定刃数以便以后取用。

其他刀具参数如下所列，这些参数通常情况下可以不设置，同时这些参数为各种刀具共有的参数。

1）Z 偏置：Z 轴偏置指定 Z 轴偏置的距离。通常该数值代表由于刀长之差异所需要补正的 Z 轴距离。系统使用该数值去激活加载刀具 Z 轴补正值的后处理指令。所输入的数值输出为 LOAD/TOOL（加载刀具）指令的参数值。

2）补偿寄存器：本选项在于指定控制器中，储存刀具长度补正值的缓存器编号。输入数值之后激活 LOAD/TOOL 及 TURRET 等指令的输出。若未输入补正缓存器的编号，则 LOAD 指令与 SET/ADJUST 补正设定的关联即取消。

3）刀具补偿寄存器：刀具直径可能因磨耗等因素而产生变化。刀具补偿缓存器是指储存刀具直径补偿号，系统在该缓存器中读取刀具直径变化的补偿值。在 CUTCOM 刀具补偿后处理中指令设定左、右或开启等参数之后，缓存器中储存之数值即激活 CUTCOM 指令。若在缓存器中输入数值之后再关闭 CUTCOM 指令，系统即取消该指令。但是先前若有激活 CUTCOM 指令而未输入缓存器中的数值，系统使用先前激活的 CUTCOM 指令设定将继续沿用，而不取消该指令。

4）刀具号：刀具编号的数值用于 LOAD/TOO 加载刀具指令。刀具编号数值的上限 10 个数字（最大值为 2147483647）。该编号不得为负值，且只能输入数目字。后续的 LOAD/TOOL 加载刀具及 SELECT/TOOL 选择刀具后处理指令输出时，将包括全部的 10 个数字。

刀柄可以定义成圆柱体或圆锥体，并且可以在屏幕上以图形方式显示出来。定义刀柄的目的是在刀具运动过程中检查刀柄是否与零件或夹具碰撞，如图 2-8 所示为铣刀的刀柄选项卡。

1）（SD）刀柄直径：用于输入刀柄的直径。

2）（SL）刀柄长度：用于输入刀柄的长度。

3）（STL）锥柄长度：用于指定刀柄的锥度。当锥度为 0 时为直柄，否则为锥柄。

设置好所有参数后，单击“确定”按钮即可创建一个刀柄。创建好的刀柄会显示在图 2-8 所示对话框中部的图例框中。

“夹持器”选项卡用于定义刀柄参数，刀柄可定义成圆柱体或圆锥体，但刀柄在屏幕上不以图形方式显示。定义刀柄的目的是检查在刀具运动过程中刀柄是否与零件或夹具碰撞，有关刀柄的参数如下。

1）（LD）下直径：用于设置刀柄底部的直径。

2）（L）长度：用于设置刀柄的长度。

3）（B）锥角：用于设置刀柄的锥角，当锥角为 0 度时，刀柄为直柄；否则，刀柄为锥柄。

4）（R1）拐角半径：用于设置刀柄上部的圆弧半径，必须为正值。

5）（UD）上直径：用于设置刀柄顶部的直径。

3．创建钻头

孔加工刀具包括有多种刀具，如：麻花钻、铰刀、噁钻和丝锥等。在创建刀具过程中将刀具类型选择“drill”，刀具子类型区域显示了各种孔加工刀具模板，可以创建麻花钻、中心钻铰刀等孔加工刀具。当选择好孔加工刀具类型后，如：选择“”，单击“确定”或“应用”按钮。系统弹出如图 2-9 所示的“钻刀”对话框，其中大部分参数与建立铣刀的参数相同，只是钻头不存在下半径及顶角和锥度角，而钻头有顶角。

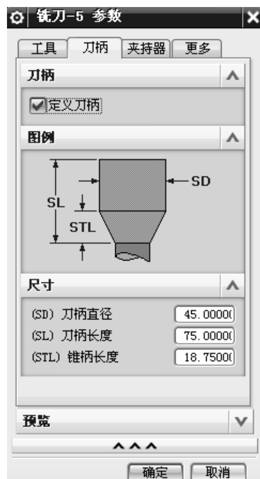


图 2-8 “铣刀-5 参数”对话框



图 2-9 “钻刀”对话框

对于使用刀尖方式确定深度的钻孔来说，其刀具参数其实并不对刀具路径产生任何影响，所以在某些情况下，可以使用一把钻头甚至是铣刀完成钻孔加工程序的编制。

4．从刀具库调用刀具

对于常用的刀具，UG NX 8.5 使用刀具库来进行管理。在创建刀具时可以从刀具库中调用某一刀具。在“创建刀具”对话框中，有图标“库”选项用于从刀具库调用刀具。打开该选项，单击“从库中调用刀具”后面的“从库中调用刀具”按钮，系统弹出如图 2-10 所示的“库类选择”对话框。

选取刀具时，首先确定加工机床类别，如铣刀（Milling ）或者钻头（Drilling），单击对应类别前的“+”号，展开该类别的刀具类型，然后选择所需要的刀具类型，单击“确定”按钮。系统弹出如图 2-11 所示的“搜索准则”对话框，在对话框中输入查询条件，单击“确定”按钮，系统将把当前刀具库内符合搜索条件的刀具列表显示在屏幕上，系统弹出如图 2-12 所示的“搜索结果”对话框，从列表中可以选择一个所需的刀具，单击“确定”按钮。

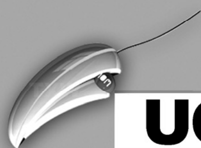




图 2-10 “库类选择”对话框



图 2-11 “搜索准则”对话框

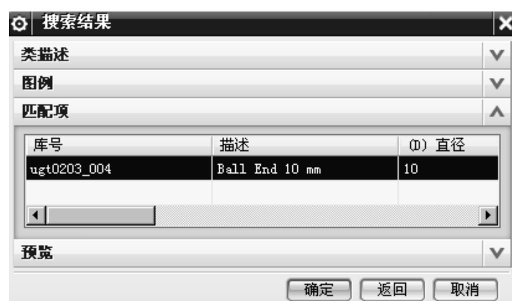


图 2-12 “搜索结果”对话框

5．刀具管理

在操作导航器的加工刀具视图下可以对刀具进行建立、编修、复制、重命名和删除等操作。选择某一个刀具，单击右键将弹出操作选项，如图 2-13 所示。在操作选项中，只有部分是对刀具起作用的，包括编辑、剪切、粘贴、内部粘贴、复制、删除和更名。



图 2-13 刀具编辑

（1）编辑

编辑选项的主要功能是编修现行刀具的各种参数值，其中包括刀具的直径、长度及编号等，其参数设置表与新建刀具相同。当刀具编辑后，已建立的使用该刀具的所有刀具轨迹都将失效，需要进行重新计算。

（2）剪切

剪切选项的主要功能是将指定的刀具剪切出来，粘贴到不同的位置。剪切时将同时剪切使用该刀具的所有刀具轨迹。

（3）复制

复制选项的主要功能是复制现行刀具，产生另一个不同名称的同型刀具。

（4）粘贴

粘贴选项的主要功能是将已复制或剪切的刀具粘贴在当前位置，产生另一个不同名称的同型刀具。

（5）内部粘贴

内部粘贴（Paste inside）选项的主要功能是将已复制或剪切的刀具粘贴在当前位置的下一级位置，产生另一个不同名称的同型刀具。通过剪切的刀具在粘贴时同时将该刀具的刀具轨迹粘贴下去，而通过复制产生的刀具，只能粘贴刀具。

（6）删除

删除选项将删除在列表刀具资料区中指定的刀具。删除时将同时删除使用该刀具的刀具轨迹。

（7）重命名

重命名选项用于对刀具进行重新命名，即将现行刀具的名称变更。

2.3.7 切削步距

切削步距通常也称为行间距，是两个切削路径之间的间隔距离，如图 2-14 所示。其间隔距离的计算方式是指在 XY 平面上，铣削的刀位轨迹间的相隔距离。步距的确定需要考虑刀具的承受能力、加工后的残余材料量、切削负荷等因素。在粗加工时，步距最大可以设置为刀具有效直径的 90%，一般为刀具有效直径的 75％～90％。在平行切削的切削方式下，步距是指两行间的间距；而在环绕切削方式下，步距是指两环间的间距。UG NX 8.5 提供了 4 种设定间距的方式，如图 2-15 所示为步距设置方式的下拉选项。

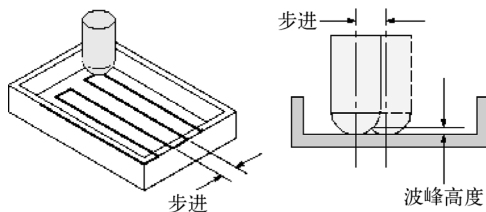


图 2-14　恒步进

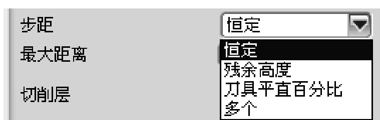


图 2-15　“步距”种类

（1）恒定

指定相邻的刀位轨迹间隔为固定的距离。当以恒定的常数值作为步进时，需要在下方的“最大距离”文本框中输入其间隔的距离数值，如图 2-16 所示。



图 2-16　恒定步距的设置

如果指定的距离不能把切削区域均匀分开，系统则自动输入距离值即可。如图 2-17 所示，输入的距离值为 0.75，切削区域的宽度为 3.5，由于 3.5 不能被 0.75 整除，因此系统自动把步进距离缩小到 0.5。

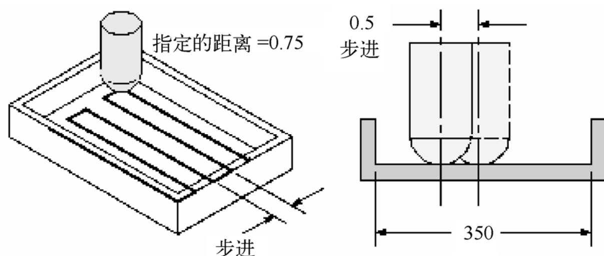


图 2-17　恒定步距

（2）残余高度

残余高度允许用户指定残余波峰高度（两个刀轨间剩余材料的高度），从而在连续切削刀轨间建立起固定距离。系统将计算所需的步距距离，从而使刀轨间剩余材料的高度不大于指定的残余高度，如图 2-18 所示。由于边界形状不同，所计算出的每次切削的步距距离也不同。为保护刀具在切除材料时负载不至于过重，最大步距距离被限制在刀具直径长度的三分之二以内。

对于“轮廓”和“标准驱动”切削方式，“残余波峰”允许用户通过指定“附加刀轨”值来指定残余波峰高度以及偏置的数量。“附加刀轨”是指沿边界那条刀轨以外的其他一些刀轨，如图 2-19 所示。

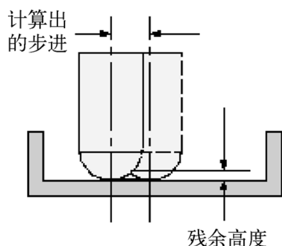


图 2-18　残余高度 1

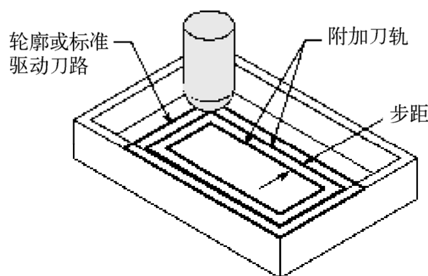


图 2-19　残余高度 2

（3）刀具平直百分比

指定相邻的刀位轨迹间隔为刀具直径的百分比。该方法需要输入百分比，如图 2-20 所示。通常，进行粗加工时，步距可以设置为刀具有效直径的 75%～90%，这种方法设置可以输入百分比来进行步距的设定，是较为常用的方法。



图 2-20 “刀具平直百分比”设置步距

如果使用刀具直径百分比来确定，无法平均等分切削区域，则系统自动计算出一个略小于此刀具直径百分比的距离，且能平均等分切削区域的距离。

步距计算时刀具直径是按有效刀具直径计算的，即使用平底刀或者球头刀时，按实际刀具直径 D 计算，而使用牛鼻刀（圆角刀）时，在计算时去掉刀尖圆角半径部分即为（D-2R），如图 2-21 所示。

（4）多个

多个步距是通过指定相邻两到刀具路径的最大和最小步距距离，系统自动确定实际使用的步距距离。当“步距”下拉列表选择“多个”时，系统如图 2-22 所示设置步距。先在“距离”文本框中输入距离，再单击“添加新集”按钮，即可添加新的步距。当采用“往复”“单向”和“单向带轮廓铣”切削方式时，“多个步距”设置如图 2-23 所示。

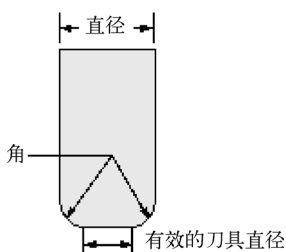


图 2-21 刀具的有效直径



图 2-22 “多个步距”设置步距



图 2-23 “可变步距”对话框

使用多个步距进行平行切削时，系统会在设定的范围内计算出合适的行距与最少的走刀次数，且保证刀具沿着外形切削而不会留下残料，如图 2-24 所示。

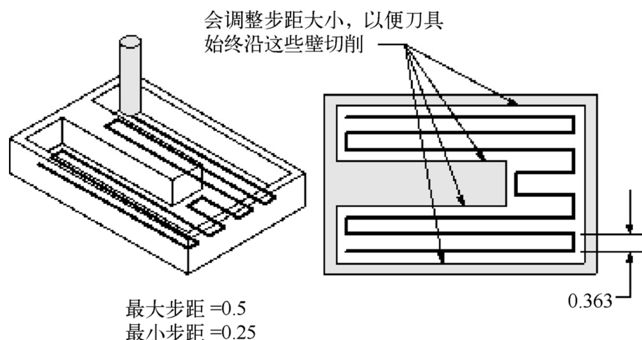


图 2-24 “多个”步距

在进行外形轮廓的精加工时，通常会因为切削阻力的关系，而有切削不完全及精度未达到要求的公差范围内的情况。因此一般外形精加工的习惯是使用很小的加工余量，或者是进行两次重复的切削加工。采用“轮廓”走刀方式，此时使用多个步距方式，做重复切削的精加工。

“可变”选项实质上定义了“轮廓”或“标准驱动”中使用的附加刀轨，因此“附加刀轨”选项将处于非激活状态。使用“轮廓”或“标准驱动”时为“附加刀轨”输入的值不

会影响到处理器的工作。

3.3.8 切削步长

“切削步长”是专用于轮廓铣的切削参数。切削步长可控制壁几何体上的刀具位置点之间沿切削方向的线性距离，如图 2-25 所示。步长越小，刀轨沿部件几何体轮廓的移动就越精确。只要步长不违反指定的部件内公差/部件外公差值，系统就会应用输入的“切削步长”。

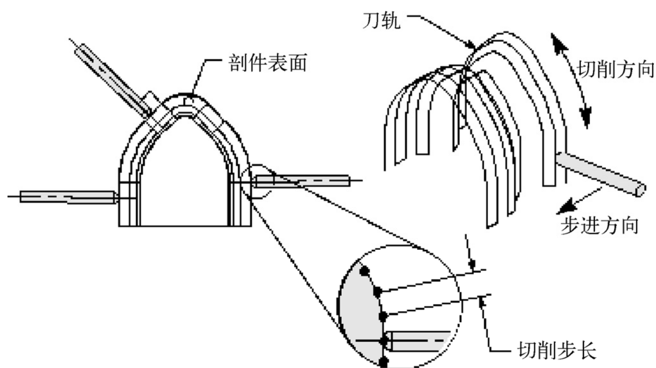


图 2-25　切削步长

2.3.9 顺铣和逆铣

铣削时，若铣刀旋转切入工件的切削速度方向与工件的进给方向相反称为逆铣，反之则称为顺铣。

在 CAM 软件中，需要设置铣削方式，UG NX 8.5 中文版数控加工在“切削参数”对话框中设置。到底采用顺铣还是逆铣，这与被加工工件和机床等有关。顺铣时，每个刀的切削厚度都是由小到大逐渐变化的。当刀齿刚与工件接触时，切削厚度为零，只有当刀齿在前一刀齿留下的切削表面上滑过一段距离，切削厚度达到一定数值后，刀齿才真正开始切削。刀齿每次都是由工件表面开始切削，所以不宜用来加工有硬皮的工件。顺铣时的平均切削厚度大，切削变形较小，与逆铣相比较功率消耗要少些（铣削碳钢时，功率消耗可减少 5%，铣削难加工材料时可减少 14%）。逆铣使得切削厚度是由大到小逐渐变化的，刀齿在切削表面上的滑动距离也很小。而顺铣时，刀齿在工件上走过的路程也比逆铣短。因此，在相同的切削条件下，采用逆铣时，刀具易磨损。

逆铣时，由于铣刀作用在工件上的水平切削力方向与工件进给运动方向相反，所以工作台丝杆与螺母能始终保持螺纹的一个侧面紧密贴合。而顺铣时则不然，由于水平铣削力的方向与工件进给运动方向一致，当刀齿对工件的作用力较大时，由于工作台丝杆与螺母间间隙的存在，工作台会产生窜动，这样不仅破坏了切削过程的平稳性，影响工件的加工质量，而且严重时会损坏刀具。逆铣时，由于刀齿与工件间的摩擦较大，因此已加工表面的冷硬现象较严重。

2.3.10 刀具轴的控制

刀具轴定义固定轴和可变轴的刀轴方向。在平面铣、型腔铣、固定轴轮廓铣和钻孔加工

技术都属于固定轴加工，即最常用的三轴加工。此四类加工技术的刀具轴始终为 MCS（加工坐标系）Z 轴正方向。

固定刀轴始终平行指定的矢量，可变刀轴则在刀轨移动时经常地改变方向。刀具轴定义为一个矢量，其方向从刀尖指向刀柄。刀具轴可以输入坐标值，选择几何体，定义零件面、驱动面相关联或垂直的矢量来定义。固定轴曲面轮廓铣只能定义固定的刀具轴。如果没有指定刀具轴，则“+ZM”为默认的刀具轴方向。

2.3.11 进给率和主轴转速的设定

进给和速度用于设置各种刀具运动类型的移动速度和主轴转速。进给量是影响加工精度和加工零件的表面质量以及加工效率的最重要因素之一。在一个刀具路径中，存在着非切削运动和切削运动，每种切削运动中还包括不同的移动方式和不同的切削条件，需要设置不同的进给速度。单击某操作对话框中的“进给率和速度”按钮，系统弹出如图 2-26 所示的“进给率和速度”对话框。其中列出了每种刀具运动类型当前设置的进给速度和所使用的速度单位，加工类型不同，对话框显示的选项可能有所不同。



图 2-26 “进给率和速度”对话框

1. 主轴速度

在“主轴速度”选项组中主要设定主轴转速。可以通过“自动设置”选项组中的“表面速度”文本框输入刀具的表面速度 Vc 再由系统进行计算得到主轴转速。表面速度为刀具旋转时与工件的相对速度，铣削加工的曲面速度与主轴转速是相关的，同时曲面速度与工件材料也有很大关系。

$$\text{主轴转速}\ n=Vc\times1000/(\pi\times Dia)$$

式中：n 表示转速，单位转/分（r/min）；

Vc 为表面速度，单位：米/分（m/min）；

Dia 为刀具直径，单位：毫米（mm）；

1000 为常系数，它与作图单位有关，一般作图单位为毫米时常数系数为 1000。

转速的设定也可以在“主轴速度”文本框中直接输入数值，输入数值的单位为转/分。对于通过表面速度计算所得的结果也可以在此作调整。

使用“从表格中重置”方式可以参考刀具参数，直接计算主轴转速及切削进给。

主轴“输出模式”下拉列表中有无、RPM、SFM 和 SMM 选项。

1）RPM：按每分钟转数定义主轴速度。

2）SFM：按每分钟曲面英尺定义主轴速度。

3）SMM：按每分钟曲面米定义主轴速度。

“方向”下拉列表中有以下选项中进行选择：

1）无：不指定方向。

2）顺时针：定义主轴运动顺时针进行。

3）逆时针：定义主轴运动逆时针进行。

2．进给率

进给速度值直接关系到加工质量和加工效率。UG NX 8.5 提供了不同的刀具运动类型下设定不同进给的功能。一般来说，同一刀具在同样转速下，进给速度越高，所得到的加工表面质量会越差。实际加工时，进给跟机床、刀具系统及加工环境等有很大关系，需要不断地积累经验。在数控加工中，在刀具承受能力范围内，可以用相对较高的转速和相对较快的进给进行加工，虽然这样造成刀具的寿命缩短，但加工效率提高所产生的效益应该远远大于刀具的损耗费。

在进给选项中各选项后面都有单位，可以设置为毫米/分钟（mmpm）或者是毫米/转（mmpr），也可以设置不输出单位（否）。当使用英制单位时，单位为英寸/分（inpm）或英寸/转（inpr）。可以通过对话框下部的设置切削单位和设置非切削单位来快速改变各选项的单位。如图 2-27 所示为各种切削进给速度的示意图。

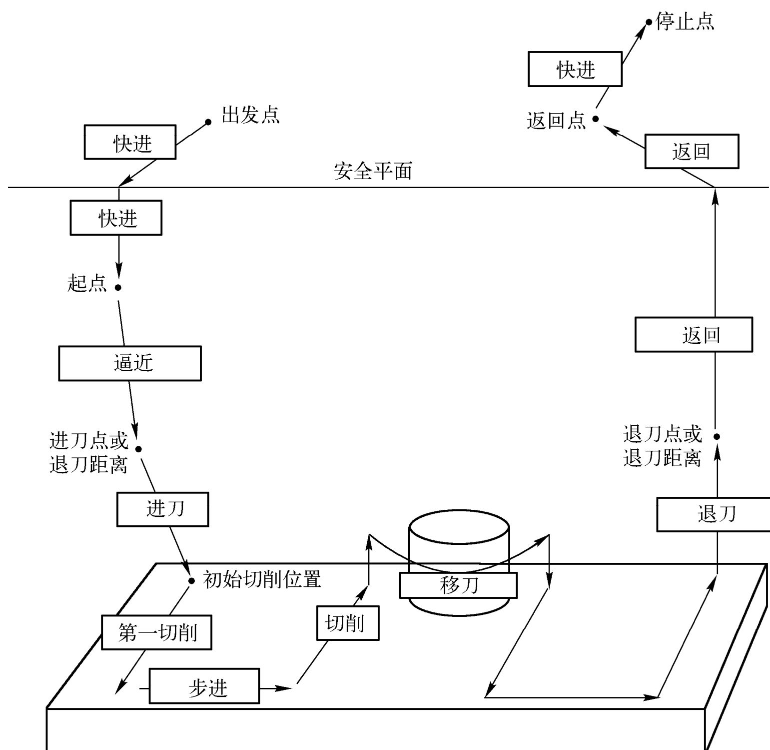


图 2-27　各种切削进给速度的示意图

（1）快进

该选项用于设置快进速度，即刀具从初始点到下一前进点的移动速度。如果快进速度设置为零，则在刀具源文件中自动插入快速命令，后置处理时将产生 G00 快进代码。

（2）逼近

该选项用于设置接近速度，即刀具从起始点到进刀点的进给速度。当在平面铣和型腔铣中进行多层切削时，接近速度控制刀具从一个切削层到下一个切削层的移动速度。在表面轮廓铣中，接近速度是刀具进刀运动前的进给速度。在钻孔和车槽中，当接近速度为零时，如果最小间隙为 0，则刀具按进给速度移动；否则按快速进速度移动。在其他模块中，当接近速度为零时，如果已指定进给方法，则刀具按进刀速度移动；否则按快进速度移动。

（3）进刀

进刀选项用于设置进刀速度，即刀具切入零件时的进给速度，也是从刀具进刀点到初始切削位置的移动速度。

（4）第一刀切削

设置每一刀切削时的进给速度。

（5）单步执行

该选项用于设置刀具进给一次平行切削时的横向进给量，即通常工艺里面所说的铣削宽度。

（6）移刀

该选项用于设置刀具从一个加工区域跨越到另一个加工区域进行水平非切削运动时刀具移动的速度。刀具跨越移动时，通常先提升到安全平面，然后进行横向移动，这样做主要是防止刀具在移动过程中发生过切或者撞刀现象。

（7）退刀

该选项用于设置退刀速度，即刀具切除零件时的进给速度，是刀具从最终切削位置到退刀点间的移动速度。

（8）离开

该选项用于设置返回速度，即回到返回点的移动速度。如果返回速度设置为零，则按快进速度返回。

（9）切削

设置正常切削零件过程中的进给速度。

在各个选项中，设置为 0 并不表示进给速率为 0，而是使用其默认方式，如非切削运动的快速、逼近、横越、退刀、返回等选项将采用快进方式，即使用 G00 方式移动。而切削运动中的进刀、第一刀、步进选项将使用切削进给的进给率。

2.3.12 刀轨显示

1．设置刀轨显示颜色

单击“铣削方法”对话框或者“显示选项”对话框中的“颜色”按钮，系统弹出如图 2-28 所示的“刀轨显示颜色”对话框。在刀具路径显示时使用不同的颜色表示不同的刀具运动类型，观察刀具路径时可以区分不同类型的刀具运动。选择每个运动类型对应的颜色图标，会弹出颜色对话框，从中可以选择一种颜色作为指定运动类型的显示颜色。使用“全部设置为”选项可以将刀具路径以同一个颜色显示。

2．设置刀具路径显示选项

单击某个操作对话框中的“编辑显示”按钮，系统弹出如图 2-29 所示的“显示选项”对话框。在刀具路径显示时可以指定刀具的形状、显示频率、刀柄显示、路径的显示方式、显示速度、箭头显示等选项。以下对刀具显示及刀轨显示作说明。

（1）刀具显示

在“刀具显示”下拉列表中有以下 4 个选项。

1）无：在回放刀具路径时不显示刀具。

2）2D：在回放刀具路径时以二维方式显示刀具。



图 2-28 “刀轨显示颜色”对话框



图 2-29 “显示选项”对话框

3）3D：在回放刀具路径时以三维方式显示刀具。

4）轴：在回放刀具路径时以矢量前头表示刀具轴线。

（2）刀轨显示

刀轨颜色应该理解成刀具路径显示方式，刀具路径的显示方式有以下 3 个选项。

1）实线：系统在刀具路径中的中心线处绘制实线。

2）虚线：系统在刀具路径中的中心线处绘制虚线。

3）轮廓线：系统根据刀具直径，用实线绘制刀具的走刀轮廓。当要查看刀具的横向步进、查看刀具的铣削宽度和铣削的重叠部分时，需使用轮廓线方式显示。

2.3.13 过切检查

在系统计算完刀轨后，通常需要检查刀轨的正确性，首先可以在绘图区直观检查，将视图改变为前视图、侧视图、顶视图等，然后重播刀轨，查看刀轨是否与预先构想的一致，是否有明显的过切。

UG NX 8.5 提供了自动过切的功能，其原理是模拟刀轨加工后的小平面几何体，与生成该刀轨的操作所定义的工件几何体比较，并考虑到所定义的余量参数，从而得出该刀轨是否有过切行为。

自动过切检查的步骤：选择需要检查的操作并单击右键，如图 2-30 所示，在系统弹出的快捷菜单中选择“刀轨”→“过切检查”，或单击“操作”工具条中的“过切检查”按钮 ，系统弹出如图 2-31 所示的“过切和碰撞检查”对话框，单击“确定”按钮，系统经过计算后检查的结果显示在打开的如图 2-32 所示的“信息”窗口中。

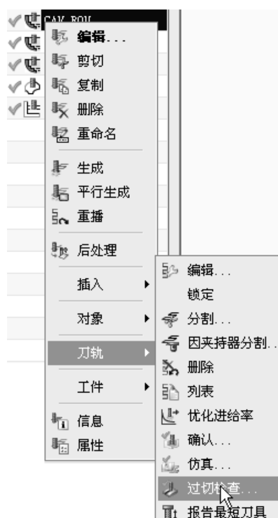


图 2-30 “快捷菜单”对话框



图 2-31 “过切和碰撞检查”对话框

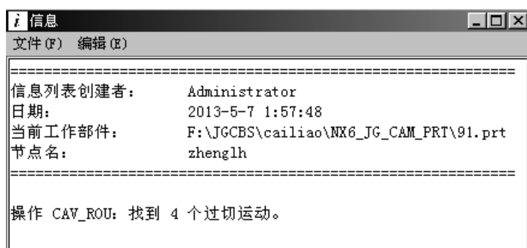


图 2-32 “信息”窗口

2.3.14 清除所有 CAM 数据

有时为了减小文件，或者在初始化加工模板时有误，需要清除当前部件的所有 CAM 数据。在加工环境里，选择主菜单中的“工具”→“工序导航器”→“删除设置”命令，如图 2-33 所示，系统弹出如图 2-34 所示的警告对话框，单击“确定”按钮，则删除当前部件中的所有 CAM 数据，系统又回到了第一次进入加工环境时的状态，出现了加工环境时的对话框。由于此功能删除了所有 CAM 数据，将使加工程序全部丢失。



图 2-33 “工具”菜单

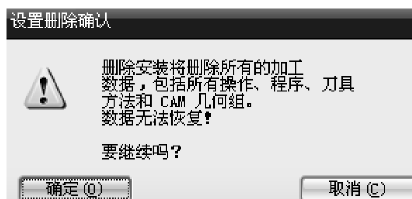


图 2-34 警告对话框

2.4 创建几何体

创建几何体主要是在零件上定义要加工的几何对象和指定零件在机床上的加工位置。创建几何体包括定义加工坐标系、工件、铣削边界、铣削几何和切削区域等。创建几何体所建立的几何对象，可指定为相关操作的加工对象。实际上，在各加工类型的操作对话框中，也可用几何按钮指定操作的加工对象。但是，在操作对话框中指定的加工对象，只能为本操作使用，而用创建几何体创建的几何对象，可以在对各操作中使用，而不须在各操作中分别指定。

2.4.1 创建几何体的一般步骤

单击“刀片”工具条中的“创建几何体”按钮，或选择主菜单中“插入”→“几何体”命令，系统弹出如图 2-35 所示的“创建几何体”对话框。由于不同模板零件包含的几何模板不同，当在“类型”下拉列表中选择不同的模板零件时，“创建几何体”对话框中的“几何体子类型”区域会显示所选模板零件包含的几何模板图标。

1．创建几何体步骤

先根据加工类型，在“类型”下拉列表框中选择合适的模板零件；再根据要创建的加工对象的类型，在“几何体子类型”区域中选择几何模板；然后，在“几何体”下拉列表框中选择几何体父组，并在“名称”文本框中输入新建几何组的名称，如果不指定新的名称，系统则使用默认名称；最后单击“确定”或者“应用”按钮。

系统根据所选几何模板类型，弹出相应的对话框，供用户进行几何对象的具体定义。在各对话框中完成对象选择和参数设置后，单击“确定”按钮，返回到“创建几何体”对话框。则在选择父本组下创建了指定名称的几何组，并显示在操作导航器的几何体视图中。新建几何组的名称可在操作导航器中修改，对于已建立的几何体组也可以通过操作导航器的相应指令进行编辑和修改，如图 2-36 所示。



图 2-35 “创建几何体”对话框

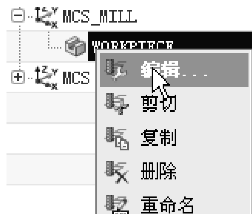


图 2-36 几何体的操作

2．几何体组的参数继承父系

在创建几何体时，选择的“几何体”父本组确定了新建几何组与存在几何组的参数继承

关系。在图 2-35 的对话框中，父本组下拉列表框列出了当前加工类型适合继承其参数的几何组名称，选择某个几何组作为父本组后，则新建的几何组将包含在所选父本组内，同时继承父本组中的所有参数。如果用户先前创建一个工件几何组，并在其中指定了零件几何和毛坯几何，当在零件上创建几何边界时，选择工作组作为父本组，则新建的边界将继承工件几何中的零件属性和毛坯属性。

在操作导航器的几何视图中，各几何组的相对位置决定它们之间的参数继承关系，下一级几何组继承上一级几何组的参数。当几何组的位置发生变化时，其继承的参数随位置变化而改变。因此，可以在操作导航器中用剪切和粘贴方式或者直接拖动改变其位置，修改几何组的参数继承关系。

随加工类型的不同，在“创建几何体”对话框中创建不同类型的几何组。在铣削操作中可创建的几何体组有：加工坐标系（MCS）、铣削几何（MILL_GEOM）、工件（WORKPIECE）、铣削边界（MILL_BND）和铣削区域（MILL_AREA）和铣削文字（MILL_TEXT）。对于铣削几何体及边界和区域将在创建操作的介绍中作详细说明，本节只介绍铣削操作中可以创建的加工坐标系及几何体的创建方法。

2.4.2 创建加工坐标系

1．加工坐标系和参考坐标系

在 UG NX 8.5 数控加工应用中，除使用工作坐标系 WSC 外，还使用两个加工独有的坐标系，即：加工坐标系（MCS）和参考坐标系（RCS）。

加工坐标系是所有后续刀具路径各坐标点的基准位置。在刀具路径中，所有坐标点的坐标值均与加工坐标系关联，如果移动加工坐标系，则重新确立了后续刀具路径输出坐标点的基准位置。

加工坐标系的坐标轴用 XM、YM、ZM 表示。其中 ZM 最为重要，如果不另外指定刀轴矢量方向，则 ZM 轴为默认的刀轴矢量方向。

系统在进行加工初始化时，加工坐标系 MCS 定位在绝对坐标系上。

在生成的刀具位置源文件中，有的数据是参照加工坐标系，有的数据是参照工作坐标系。在操作对话框中指定的起刀点（Start Point）、安全平面（Clearance Plane）的 Z 值和刀轴矢量（I、J、K）以及其他矢量数据，都是参照工作坐标系；而确定刀具位置的各点坐标是参照加工坐标系。如在刀具位置源文件中，常有直线运动命令 GOTOX,Y,Z,I,J,K，其中 X、Y、Z 是刀尖相对于加工坐标系的坐标值，而 I、J、K 则是由工作坐标系指定的刀轴矢量方向。

当加工区域从零件的一部分转移到另一部分时，参考坐标系用于定位非模型几何参数（如起刀点、返回点、刀轴的矢量方向和安全平面等），这样可以减少参数的重新指定工作。参考坐标系的坐标轴用 XR、YR、ZR 表示，系统在进行加工初始化时，参考坐标系 RCS 定位在绝对坐标系上。

2．创建加工坐标系的方法

建立加工坐标系时，单击“创建几何体”对话框中“MCS”按钮，再单击“确定”或“应用”按钮，系统弹出如图 2-37 所示的“MCS”对话框。该对话框用于定义加工坐标系和参考坐标系，共有机床坐标系、参考坐标系、安全设置、下限平面、避让、布局和图层选项。

（1）“机床坐标系”选项

该选项主要用于构造加工坐标系、设置加工坐标系原点和保存加工坐标系。单击“CSYS 对话框”按钮，系统将弹出坐标系构造器（CSYS），选择一种构造坐标系的方法可建立新的加工坐标系。或者在“指定 MCS”下拉列表中选择加工坐标系的构造方式。

（2）“参考坐标系”选项

该选项用于构造参考坐标系。选择该图标，弹出坐标系构造器，选择一种构造坐标系的方法，可建立新的参考坐标系。当在对话框中勾选“连接 RCS 与 MCS”选项时，则连接参考坐标系 RCS 到加工坐标系 MCS，使参考坐标系与加工坐标系的位置和方向相同，此时 RCS 图标为灰色显示。在创建任何加工操作前，应显示加工坐标系和工作坐标系，检查它们的位置和方向是否正确。

（3）“安全设置”选项

该选项主要用于设置安全平面。

（4）“避让”选项

该选项用于设置刀具出发点、起点、返回点和回零点。“避让”选项如图 2-38 所示。



图 2-37 “MCS”对话框



图 2-38 “MCS”对话框中的“避让”选项

2.4.3 创建铣削几何

在平面铣和型腔铣中，铣削几何用于定义加工时的零件几何、毛坯几何和检查几何，在固定轴铣和变轴铣中用于定义要加工的轮廓表面。

铣削几何（MILL_GEOM）和工件（WORKPIECE）的功能相同，两者都通过在模型上

选择体、面、曲线和切削区域来定义零件几何、毛坯几何和检查几何，还可以定义零件的偏置厚度、材料和存储当前视图布局与层。本节以铣削几何为例，说明其创建方法。

单击“创建几何体”对话框中的“MILL_GEOM”按钮，再单击“确定”或“应用”按钮，系统弹出如图 2-39 所示的“铣削几何体”对话框。对话框最上方的“几何体”选项中有指定部件、指定毛坯和指定检查，分别用于选择和编辑部件几何体、毛坯几何体和检查几何体。分别单击“”、“”、“”按钮选择和编辑几何体，单击“”按钮显示几何体。

在型腔铣、固定轴和变轴铣的操作对话框中，也有与图 2-39 中类似的图标出现，它们的使用方法是相同的。但是只对当前操作起作用，在几何体中设置几何体，可以在所有引用该组的操作中起作用。

1．创建和编辑部件几何体

单击“铣削几何体”对话框中的“选择和编辑部件几何体”按钮，系统弹出如图 2-40 所示的“部件几何体”对话框。该对话框用于选择需要加工的零部件，选择零件的“面”或“实体”，单击“确定”按钮，系统将返回到“铣削几何体”对话框。如果部件几何体需要编辑，同样单击“铣削几何体”对话框中的按钮。



图 2-39 “铣削几何体”对话框



图 2-40 “部件几何体”对话框

在选择好部件后，“铣削几何体”对话框中的按钮将激活，单击按钮显示前面选择的部件。

2．创建和修改毛坯几何体

单击“铣削几何体”对话框中的“选择和编辑毛坯几何体”按钮，系统弹出如图 2-41 所示的“毛坯几何体”对话框。该对话框用于选择需要加工的零部件的毛坯，选择完后单击“确定”按钮，系统将返回到“铣削几何体”对话框。如果部件几何体需要编辑，同样单击

“铣削几何体”对话框中的按钮。



图 2-41 “毛坯几何体”对话框

在选择好部件后，“铣削几何体”对话框中的按钮将激活，单击按钮显示前面选择的部件。

3．创建铣削几何的共同选项

（1）显示

该选项用于显示对话框上部图标相对应的零件几何、毛坯几何或检查几何。选择该选项时，已定义的几何对象将以高亮度显示。如果还没有定义相应的几何对象，该选项则灰色显示。

（2）部件偏置

部件偏置在“偏置”选项栏下，该选项是在零件实体模型上增加或减去由偏置量指定的厚度。正的偏置值在零件上增加该指定的厚度，负的偏置值在零件上减去指定的厚度。

（3）材料

材料在“描述”选项栏下，该选项为零件指定材料属性。材料属性是确定切削速度和进给量大小的一个重要参数。当零件材料和刀具材料确定以后，切削参数也就基本确定。选择进给量和切削速度对话框中的“从表格中重置”选项，用这些参数推荐合适的切削速度和进给量数值。

在该处指定的材料属性只影响当前所创建几何体的操作。另外，对于引用当前所建几何的操作来说，该处指定的材料属性，比用主菜单中的“工具”→“部件材料”菜单项指定的材料属性的优选级高。

选择该选项，弹出材料列表框，在列表框中列出了材料数据库中的所有材类型，材料数据库由配置文件指定的。选择合适的材料后，单击“确定”按钮，则为当前创建的铣削几何指定了材料属性。

（4）布局 / 图层

选择“保存图层设置”选项复选框可以保存层的设置。“布局名”文本框用于输入视图布局的名称，如果不更改，则沿用默认名称。保存布局 / 图层选项用于保存当前的视图布局和层。

2.5 UG NX 8.5 其他基本操作

2.5.1 创建程序

程序组用于排列各加工操作在程序中的次序。例如：一个复杂零件如果需要在不同机床上完成表面加工，则应该将同一机床上加工的操作组合成程序组，以便刀具路径的输出。合理地安排程序组，可以在一次后处理中按程序组的顺序输出多个操作。在操作导航器的程序顺序视图中，显示每个操作所属的程序组以及各操作在机床上的执行顺序。



图 2-42 “创建程序”对话框

单击“刀片”工具条上的“创建程序”按钮，或者选择主菜单上的“插入”→“程序”命令，系统将弹出如图 2-42 所示的“创建程序”对话框。在“创建程序”对话框中，首先要选择类型及子类型，然后选择一个位置（父本组），当前程序组将作为父本组的从属组，再在“名称”文本框中输入程序组的名称，单击“确定”或“应用”按钮即可创建一个程序组。

通常情况下，用户可以不创建程序组，而直接使用模板所提供的默认程序组创建所有的操作。

2.5.2 创建加工方法

通常情况下，完成一个零件的加工需要经过粗加工、半精加工、精加工几个步骤，而粗加工、半精加工、精加工的主要差异在于加工后残留在工件表面的余料的多少及表面粗糙度。加工方法可以通过对加工余量、几何体的内外公差、切削方式和进给速度等选项的设置控制表面残余余量，同时加工方法还可以设置刀具路径的显示颜色与显示方式。

在部件文件中，若不同的刀具路径使用相同的加工参数时，可使用创建加工方法的办法，先创建加工方法，以后在创建操作时直接选用该方法即可，创建的操作将可以获得默认的相关参数。在创建操作时如果不选择加工方法（METHOD 选项），也可以在通过操作对话框中的切削、进给等选项进行切削方法的设置。而对于通过选择加工方法所继承的参数，也可以在操作中进行修改，但修改仅对当前操作起作用。



图 2-43 “创建方法”对话框

系统默认的铣床加工方法有 3 种：

1）MILL_ROUGH（粗加工）；

2）MILL_SEMI_FINISH（半精加工）；

3）MILL_FINISH（精加工）。

单击“刀片”工具条上的“创建方法”按钮，或者选择主菜单“插入”→“方法”命令，系统将弹出如图 2-43 所示的“创建方法”对话框，可创建新的加工方法。

创建加工方法的基本步骤如下。

1）根据加工类型，在“类型”下拉列表中选择模板文件。

2）选择一个位置及父本组，当前加工方法将作为父本组的从属组，继承父本组的参数。在“位置”选项组中的“方法”下拉列表中选择存在的加工方法。

3）在“名称”文本框中输入新建加工方法的名称，如果没有输入名称，系统会使用默认名称。

4）单击“确定”或“应用”按钮，系统弹出“铣削方法”对话框。

5）输入部件余量、公差和进给和速度等加工参数。

6）单击“确定”按钮，系统返回到“创建方法”对话框，新创建的加工方法显示在操作导航器的加工方法视图中。

2.5.3 用户模板设置

UG NX 提供了用户模板设置的功能，可以将编制过的操作参数设置成模板供新的操作直接引用。特别是应用于加工类似零件时，可以让操作的高级编程工程师设置一定的模板，而不是很熟练的工程师可以调用模板进行操作的创建。用户可以根据本单位同类零件的加工特点，在建立曲型零件的加工操作后，自己指定加工模板，以提高同类零件加工操作的工作效率。

用户可在操作导航器的弹出菜单中选择“对象”→“模板设置”菜单项来定制模板，系统弹出如图 2-44 所示的“模板设置”对话框。

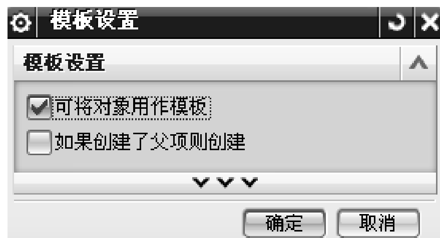


图 2-44 “模板设置”对话框

可将对象用作模板：激活该选项，则以当前所选的操作定义的模板，在被其他零件引用时，会在创建程序、刀具、几何体和方法对话框的子类区域中显示模板中的各图标。

设置模板后，保存当前零件，则它成为模板零件。

对于本单位常用的刀具和加工方法，通过设置模板的方法可以使大部分参数的默认值为需要设定的数值或者选项，这样能有效地提高编程效率，同时也可以减少因为某一个参数漏设而造成程序错误。

如果习惯于采用默认的模板，可以打开默认模板文件，如 Mill_contour.prt。对其参数进行修改，然后重新生成程序，并保存该文件。

2.6 加工坐标系的创建实例

1．打开文件

单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开”对话框。然后选择光盘：\2\2_1.prt 文件，单击“OK”按钮。

2．进入加工模块

选择菜单“开始”→“加工”命令即可进入加工模块，如图 2-45 所示。系统弹出如图 2-46 所示的“加工环境”对话框。“CAM 会话配置”列表中选择“cam_general”，“要创

建的 CAM 设置”列表选择“mill_planar”，单击“确定”按钮，系统进入加工模块。



图 2-45 进入加工模块

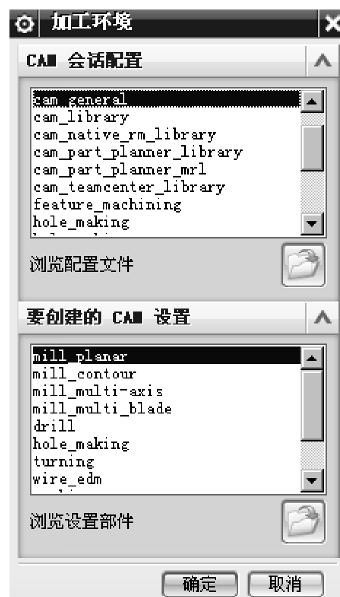


图 2-46 “加工环境”对话框

3. 建立加工坐标系

单击“刀片”工具条中的“创建几何体”按钮，或选择主菜单中“插入”→“几何体”命令，系统弹出如图 2-47 所示的“创建几何体”对话框。在“类型”下拉列表中选择“mill_planar”，单击“几何体子类型”中的“MCS”图标，“几何体”下拉列表中选择“GEOMETRY”，“名称”文本框中输入“MCS1”，单击“确定”或“应用”按钮。系统弹出如图 2-48 所示的“MCS”对话框。



图 2-47 “创建几何体”对话框



图 2-48 “MCS”对话框

单击“机床坐标系”选项栏中的“指定 MCS”后的“CSYS 对话框”按钮，系统弹出如图 2-49 所示的“CSYS”对话框。选择如图 2-50 所示的实体的顶点，单击“确定”按钮，系统返回到“MCS”对话框。单击“确定”按钮，即可创建加工坐标系。



图 2-49 “CSYS”对话框

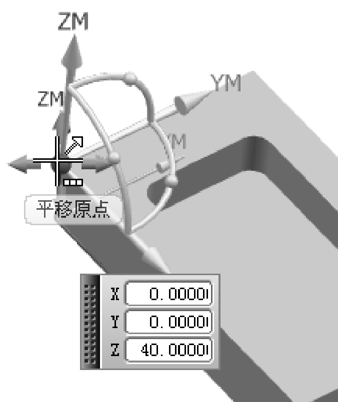


图 2-50 选取的顶点



第 3 章　平面铣和表面铣

平面铣加工模块是 UG NX 8.5 加工最基本的操作，主要用于平面区域的粗、精加工。本章主要介绍平面铣和面铣的加工特点、加工的适用范围，一般平面铣和面铣的创建过程、平面铣加工几何体的类型和创建、公用选项参数的基本设置，包括切削模式、切削步进、切削参数、非切削参数、进给和速度等。最后通过实例来说明平面铣和面铣的运用。

3.1　平面铣概况

3.1.1　平面铣加工概述

平面铣操作创建了可去除平面层中的材料量的刀轨，这种操作类型最常用于粗加工，为精加工操作做准备；也可以用于精加工零件的表面及垂直于底面的侧面，平面铣可以不需要作出完整的造型而只依据 2D 图形直接进行刀具路径的生成。

平面铣用来加工侧面与底面垂直的平面零件，此类零件的侧面与底面垂直，可以有岛屿或型腔，但岛屿面和型腔底面必须是平面，这是由平面铣加工的特点决定的，如图 3-1 和图 3-2 所示。一般来说，对于侧面与底面垂直，且底面是平面的零件都选用平面铣加工对零件进行粗加工和精加工。

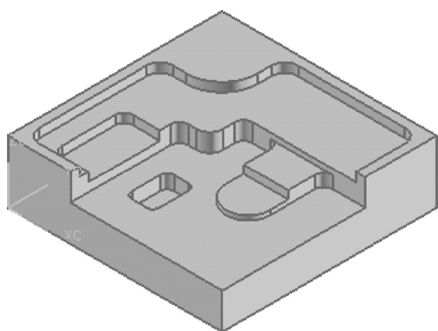


图 3-1　平面铣部件

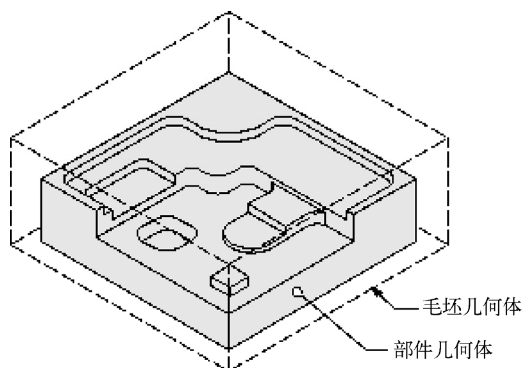


图 3-2　平面铣部件和毛坯

平面铣是一种 2.5 轴的加工方式，它在加工过程中产生在水平方向的 XY 两轴联动，而在 Z 轴方向只完成一层加工后进入下一层时才单独的动作。通过设置不同的切削方法，平面铣可以完成挖槽或者轮廓外形加工。

平面铣可去除那些垂直于“刀具轴”的切削层中的材料，“平面铣”使用边界来定义“部件”材料，是用于切削具有竖直壁的部件以及垂直于刀具轴的平面岛和底面的，如图 3-1 所示。

3.1.2 平面铣加工的特点和应用

1．平面铣加工的特点

平面铣刀轨是利用在垂直刀具轴的平面内生成二轴刀轨，通过多层二轴刀轨一层一层切削材料，而每一层刀轨称之为一个切削层。它的刀具轴向相对于工件平面不发生变化，属于固定轴加工，归纳起来有以下特点：

1）刀具轴垂直于 XY 平面，即在切削过程中机床两轴联动，普通的数控铣即可满足加工。

2）采用定义边界几何的方法来约束刀具运动的区域，调整方便，能较好地控制刀具在边界上的位置。

3）可以用于粗加工，也可以用于精加工。

2．平面铣加工应用

平面铣用于侧面与底面垂直的平面零件进行加工，可加工直壁的、并且岛屿的顶面和槽腔的底面为平面的零件。在很多情况下，平面铣可以用型腔铣代替。

3.1.3 平面铣操作模板介绍

1．创建平面铣操作

（1）进入加工环境

打开需要加工的文件，选择菜单“开始”→“加工”命令，进入加工模块，当一个工件首次进入加工模块时，系统弹出如图 3-3 所示的“加工环境”对话框。首先要求进行初始化，“CAM 会话配置”选择“cam_general”；“要创建的 CAM 设置”设置在制造方式中指定加工设定的默认文件，即要选择一个加工模板集，选择“mill_planar”，单击“初始化”按钮，系统则根据指定的加工配置，调用相应的模板和相关的数据进行加工环境的初始化。

（2）创建平面铣操作

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 3-4 所示的“创建工序”对话框，“类型”下拉列表中选择“mill_planar”，即选择了平面铣加工操作建立模板。



图 3-3 “加工环境”对话框



图 3-4 “创建工序”对话框

（3）选择或创建平面铣的几何体、加工方法和刀具

几何体、加工方法和刀具的选择或创建可以在“平面铣”对话框中进行，也可以在创建操作前进行，有必要先把几何体、加工刀具创建好。几何体、加工方法和刀具选择或创建也可以在平面铣操作对话框中进行选择或者重新选择，“平面铣”对话框如图 3-5 所示。



图 3-5 “平面铣”对话框

（4）设置平面铣参数

在“平面铣”对话框中设置各项参数，这些参数将直接影响刀轨的结果和数控加工程序的效率。在对话框中需要设置加工的几何对象、切削参数、控制选项等参数，很多选项需要通过二级对话框进行参数设置。在 UG NX 8.5 中，刚进入“平面铣”对话框时，有些选项并没有展开，如“刀具”“刀轨设置”等，如果没有展开，可以单击“刀轴”“刀轨设置”等选项栏，将其展开。

（5）生成平面铣操作

在“平面铣”对话框中所有需要设置的参数设置好后，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，则可生成刀轨，然后单击“确定”按钮关闭对话框，完成平面铣操作的创建。

（6）检验刀具路径

刀具路径生成后，需要从不同的角度进行回放，检验刀具路径是否正确合理，必要时应进行可视化刀轨校验。可以先生成 CLSF 文件或数控加工程序，再用 VeriCUT 软件进行检验和路径优化，可以在 UG NX 8.5 中直接模拟，也可以生成数控加工程序后用其他数控仿真软件进行仿真模拟。

2．平面铣的子类型

平面铣的子类型共有 14 种，各种子类型的说明如表 3-1 所示。

表 3-1 平面铣各子类型的说明

图　标	英　文	中　文	说　明
	Floor and Wall	底面和壁	选择底面和壁几何体，以面定义切削区域的表面铣，该功能代替以前版本的表面区域铣
	Floor and Wall with IPW	带 IPW 的底面和壁	使用 IPW 的底面和壁，选择底面和壁几何体，要切除的材料由所选几何体和 IPW 确定
	Face milling with boundaries	使用边界面铣削	垂直于平面边界定义区域的固定刀轴进行切削。选择面、曲线或点来定义和要切削层的刀轴垂直的平面边界
	FACE_MILLING_MANUAL	手工面铣削	与底面和壁基本相同，但切削方式默认设置为手动的底面和壁
	PLANAR_MILL	平面铣	用平面边界定义切削区域，切削到底面
	PLANAR_PROFILE	平面轮廓铣	默认切削方法为轮廓铣削的平面铣
	CLEANUP_CORNERS	清理拐角	与平面铣基本相同，主要用来清理拐角
	FINISH_WALLS	精铣侧壁	与平面铣基本相同，但切削方法默认设置为 PROFILE，切削深度方式默认设置为 Floor_Only，用来精铣侧壁

（续）

图　标	英　文	中　文	说　明
	FINISH_FLOOR	精铣低面	与平面铣基本相同，但切削方法默认设置为 FOLLOW_ PART，切削深度方式默认设置为 Floor_Only，用来精铣底面
	Hole milling	铣削孔	使用螺旋式或螺旋切削模式来加工盲孔和通孔或凸台。通过选择圆柱面、点、弧或边定义孔或凸台几何体。用于孔直径比较大而无法钻孔的孔
	THREAD_MILLING	螺旋铣	建立加工螺纹的操作
	PLANAR_TEXT	文本铣削	对文字曲线进行雕刻加工
	MILL_CONTROL	机床控制	建立机床控制操作
	MILL User Defined	自定义方式	自定义参数建立操作

在创建平面铣操作对话框中选择平面铣加工子类型（可参照表 3-1），指定操作所在的程序组、所使用的父节点组的几何体、使用刀具、使用加工方法，设定一个操作名称，单击“确定”按钮，系统会打开平面铣操作对话框。

3．平面铣操作对话框

“平面铣”对话框如图 3-5 所示，共有几何体、刀具、刀轴、刀轨设置、机床控制、程序、选项和操作等选项组，单击这些选项组上的选项栏，可以将这些选项组展开，进行有关设置。

一般情况下，进入“平面铣”对话框，几何体选项组是展开的，如果没有展开，单击“几何体”选项栏即可展开，展开后显示如图 3-5 所示；如果是展开的，单击“几何体”选项组即可隐藏。这时可以单击有关几何体后的按钮，如果指定部件几何体，单击“指定部件边界”后的按钮，系统弹出“边界几何体”对话框，用户可以选择或创建部件边界几何体，如果已经选择好了，也可以编辑部件边界几何体。

如果几何体在创建操作之前已经创建好了，可以在“几何体”下拉列表中选择已经创建好的几何体；也可以单击后面的“新建”按钮新建几何体，单击“编辑”按钮编辑几何体。下面还有“指定部件边界”“指定毛坯边界”“指定检查边界”“指定修剪边界”“指定底面”等选项，这些知识点本书后面有详细讲解。

单击“工具”选项栏，将“工具”选项组展开，展开后显示如图 3-6 所示；“工具”选项组里有“刀具”下拉列表、“输出”选项组和“换刀设置”选项组。“工具”选项组主要是选择和编辑操作所用的刀具，也可以通过新建刀具来创建本次操作应用的刀具。“刀具”下拉列表用于选择已创建的刀具，但选择一把刀具后，“刀具”下拉列表后的按钮激活，用于编辑刀具；“刀具”下拉列表后的“新建”按钮，用于新建刀具，单击该按钮，系统弹出如图 3-7 所示的“新建刀具”对话框，新建刀具在第 2 章已详细讲解，这里不再细述。“输出”选项组里有“刀具号”文本框，“补偿寄存器”文本框、“刀具补偿寄存器”文本框和“Z 偏置”文本框，主要用于设置刀具号、刀具长度补偿和半径补偿等。“换刀设置”选项组里有“手动换刀”和“文本状态”复选框，用于设置换刀方式。

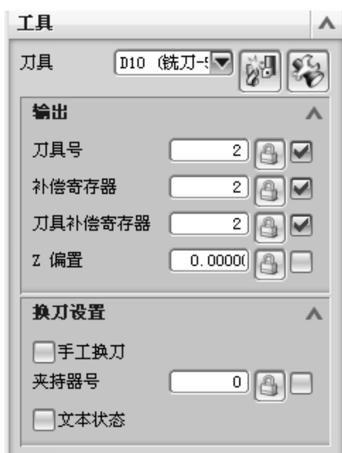


图 3-6 “工具”选项组



图 3-7 “新建刀具”对话框

对于父节点组对象的编辑将影响到所有应用该父节点组选项的操作，系统将弹出警告窗口。即相当于在对应的操作管理器的对应视图方式下，所有该选项下的操作都将应用新的参数。例如，对某一些刀具进行编辑，那么所有使用该刀具的操作都将应用新的刀具参数，而刀具路径也需要重新生成。

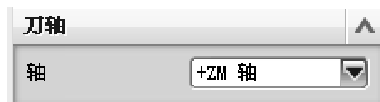


图 3-8 “刀轴”选项组

单击“刀轴”选项栏，将“刀轴”选项组展开，展开后显示如图 3-8 所示；在“轴”下拉列表中可以选择刀轴方向。

单击“刀轨设置”选项栏，将“刀轨设置”选项组展开，展开后显示如图 3-9 所示；“刀轨设置”选项组下需要设置的选项较多，如：方法（加工方法）、切削模式、步距、切削层、切削参数、非切削移动、进给率和速度等。

“方法”在“刀轨设置”选项组下面，用同样的方法可以将“刀轨设置”选项组展开或隐藏。可以在“方法”下拉列表中选所需要的加工方法；也可以单击“方法”下拉列表后的“新建”按钮，新建加工方法，单击该按钮，系统弹出如图 3-10 所示的“新建方法”对话框，“类型”下拉列表中选择“mill_planar”，在“名称”文本框中输入新建加工方法的名称，单击“确定”按钮，系统弹出如图 3-11 所示的“铣削方式”对话框，输入新建加工方法的有关参数，单击“确定”按钮，则加工方法已经创建。也可以单击“方法”下拉列表后的按钮，可以编辑加工方法，单击该按钮，系统弹出如图 3-11 所示的“铣削方式”对话框，输入加工方法的有关参数，单击“确定”按钮。

单击“机床控制”选项栏，将“机床控制”选项组展开，展开后显示如图 3-12 所示；在所有加工模板操作对话框内都有机床控制功能，主要用来定义和编辑后处理命令等相关选项。

单击“程序”选项栏，将“程序”选项组展开，展开后显示如图 3-13 所示；可以在“程序”下拉列表中选择创建操作的位置。

单击“选项”选项栏，将“选项”选项组展开，展开后显示如图 3-14 所示；“选项”选项组有“编辑显示”和“定制对话框”两个选项需要设置。

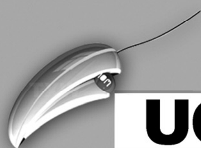




图 3-9 “刀轨设置”选项组



图 3-10 “新建方法”对话框



图 3-11 “铣削方式”对话框



图 3-12 “机床控制”选项组

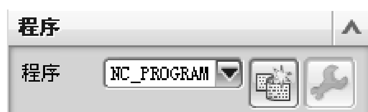


图 3-13 “程序”选项组

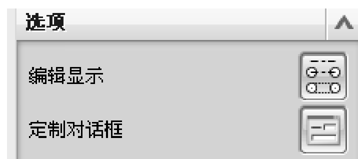


图 3-14 “选项”选项组

3.2 平面铣加工的几何体

在平面铣中，加工区域是由加工边界所限定的，刀具在边界限定的范围内进行切削。在每一个切削层中，刀具能切削零件而不产生过切的区域称为加工区域。刀具进入这些区域以切除零件的余料，但不能过切零件，平面铣的切削区域是由边界限制的。在平面铣中，可以用边界来定义零件几何、毛坯几何、检验几何或修剪几何。边界是限制刀具运动的直线或曲线，用于定义切削区域。边界可以是封闭的，也可以是不封闭的。

3.2.1 平面加工几何体的类型

平面铣的几何体边界用于计算刀位轨迹，定义刀具运动的范围，而以底面控制刀具切削深度。几何体边界中包括部件边界、毛坯边界、检查边界和修剪边界 4 种，如图 3-5 所示的“平面铣”对话框中的“几何体”选项组中。

1．部件边界

部件边界用于表示被加工零件的几何对象，它控制刀具运动的范围和系统计算刀轨的重要依据，可以通过选择面、曲线和点来定义部件边界。面是作为一个封闭的边界来定义的，其材料侧为内部保留或者外部保留。当通过曲线和点来定义部件边界时，边界有封闭和开放之分，如果是封闭的边界时，其材料侧为内部保留或者外部保留；如果是开放边界时，其材料侧为左侧保留或右侧保留。

零件的材料侧定义了材料被保留的一侧，它的相对侧为刀具切削侧。对于内腔切削，刀具在内腔里进行切削，所以材料侧应该定义为向外；对于岛屿切削，刀具在环绕着岛屿切削，刀具在岛屿的外部，所以材料侧应该定义为向内。

如果在父节点组中指定的几何体已经定义了零件几何体或者毛坯几何体，可在“几何体”下拉列表中重新选择，也可以通过“几何体”下拉列表的“编辑”按钮进行编辑。

2．毛坯边界

毛坯边界用于表示被加工零件的毛坯的几何对象。毛坯边界的定义和部件边界的定义方法是相似的，只是毛坯边界没有敞开的，只有封闭的边界。当部件边界和毛坯边界都定义时，系统根据毛坯边界和部件边界共同定义的区域（即两种边界相交的区域）定义刀具运动的若干个毛坯边界，与部件边界一起使用，实现对局部区域的加工。毛坯边界可以定义，也可以不定义，应根据加工的需要确定要不要定义毛坯边界。但是，零件几何体和毛坯几何体至少要定义一个，作为驱动刀具切削运动的区域，既没有部件边界又没有毛坯边界将不能产生平面铣操作。

3．检查边界

检查边界用于指定不允许刀具切削的部位，如夹具的位置。检查边界的定义和毛坯边界定义的方法是一样的，没有敞开的边界，只有封闭的边界。用户可以指定检查边界的余量来定义刀具离开检查边界的距离。如果工件安装时没有相应的夹具和压板，检查边界可以不定义。在选择几何图形时，选择为加工几何体的图形，同时也可以选择为检查几何体，这时它将以检查几何体的特性来处理，避开不加工。

当刀具碰到检查几何体时，可以在检查边界的周围产生刀位轨迹，也可以产生退刀运动，

4．修剪边界

如果部件的整个刀轨能加工到的切削范围的某一区域不需要被切削，可以利用修剪几何将这部分刀轨去除。修剪边界用于进一步控制刀具的运动范围，修剪边界的定义方法和部件边界的定义是一样的，与部件边界一同使用时，对由部件边界生成的刀轨做进一步的修剪。修剪边界仅用于指定刀轨被修剪的范围，而不是定义岛屿，因此没有材料侧的概念，代之以修剪侧，修剪侧可以是内部的、外部的或者是左侧的、右侧的，修剪边界侧的刀轨被去除。修剪边界很多情况下不需要定义。

5．底面

底面是一个垂直与刀具轴的平面，用于指定平面铣加工的最低位置，每一个操作中仅能有一个底面，第二个选取的面会自动代替第一个选取的面而成为底面。底面可以直接在工件上选取水平的表面作为底面，也可以将选取的表面做一定距离的表面补偿后作为底面；或者指定 3 个主要平面（XC-YC、YC-ZC、ZC-XC），且偏置一段距离后的平行平面作为底面。

在如图 3-5 所示的“平面铣”对话框中，单击“选择和编辑第平面几何体”按钮，用于选择或编辑第平面；单击按钮，用于显示底面。单击“选择和编辑第平面几何体”按钮，系统弹出如图 3-15 所示的“平面”对话框，此时可以直接在绘图区的图形上选择一个平面，也可以在对话框中选择参考平面后，在指定偏置距离，或通过平面子功能确定底面。这些用法与在建模环境中的平面功能用法基本一致。底面创建后，在绘图区中将显示其平面位置，并以箭头表示其正方向，如图 3-16 所示。如果零件平面和底面处于同一平面，那么只能生成单一深度的刀轨。



图 3-15 “平面”对话框

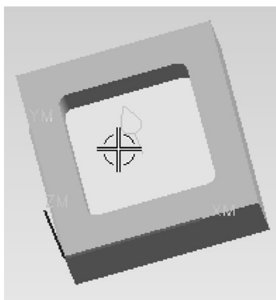


图 3-16 选取实体的表面

3.2.2 边界类型

边界被用于定义刀具切削运动的区域，加工区域可以通过单个边界或者组合的边界来定义，边界分为临时边界和永久边界。

1．临时边界

临时边界通过有效的几何体选择对话框创建。它作为临时实体显示在屏幕上，当屏幕刷新后就消失了。当需要使用边界显示选项时，临时边界又会重新显示。临时边界有着很多的优点，可以通过曲线、边缘、已经存在的永久边界、平面和点来创建，不但与创建它们的几何体相关联，而且能够被编辑。

临时边界与父几何体的相关性意味着父几何体的任何更改都将导致临时边界的更新，以反映几何体的那些更改。如果增加了一个实体面，边界也同样增加了；如果删除一个面，边界同样被删除。

当临时边界由永久边界创建时，临时边界与创建永久边界的曲线或边缘相关，而与永久边界没有相关性。如果永久边界被删除，将不会影响临时边界的存在。临时边界会因父几何体的删除或修改而发生更新。

2．永久边界

（1）永久边界的基本概念

除了临时边界之外，还有永久边界。永久边界的原理、定义方法和用途与临时边界基本一样；不同于临时边界的是，永久边界是一种永久存在于部件中的几何对象，可以被不同的操作所利用，因此可以节省时间，简化具体的编程工作。在创建操作的时候选择永久边界，系统通过复制永久边界生成一个临时边界。临时边界可以被编辑，但是不会影响原来的永久边界。

永久边界一旦被创建了，就和其他永久的几何体（如直线、圆弧等）一样，一直显示在屏幕上。

（2）永久边界的创建

永久边界的优点是边界可以重复利用，还可以防止重复选择相同的几何体。在加工应用中，选择“工具”→“边界”命令，系统弹出如图 3-17 所示的“边界管理器”对话框，可以对边界进行创建、删除、隐藏、显示和列表操作。

在“边界管理器”对话框中，单击“创建”按钮，系统弹出如图 3-18 所示的“创建边界”对话框。永久边界只能通过选择曲线和边缘来创建。



图 3-17 “边界管理器”对话框



图 3-18 “创建边界”对话框

在如图 3-17 所示的“创建边界”对话框中有以下几个选项：

1）成链：该选择方式提供一种快速选取多条曲线的方法，单击“成链”按钮，先选择开始的曲线，再选择结束的曲线，可以直接选择相连接的一组曲线。

2）刀具位置：此选项决定刀具接近边界时的位置。它有“相切”和“开”两种状态。当设置为“刀具位置-相切”时，刀具与边界相切，即刀具中心与边界将有一个刀具半径的差值。刀具位置选项的切换到“开”状态时，则刀尖沿“刀轴”方向与边界对齐。

3）Boundary Plane（边界平面）：该选项指定边界所在的平面，单击“Boundary Plane”按钮，系统弹出如图 3-15 所示的“平面”对话框，可以选择一种构造平面的方法，定义一个平面。产生边界时，所选对象沿指定平面的法线方向投影到该平面上产生永久边界。

4）边界类型：该选项用于定义类型，边界类型有两种：封闭边界和开放（打开）边界。封闭边界定义一个区域，开放边界定义一条路径。一般情况下，封闭边界的第一段的起点和最后一段的终点在一个公共点上；而开放边界第一段的起点和最后一段的终点不在一个公共点上。创建封闭边界时，封闭的边界若没有一个封闭的区域定义封闭的边界，则系统将延伸第一条和最后一条边界元素使其成为一个封闭的边界；在创建封闭边界时，若选择的曲线或边缘没有封闭，而且第一条和最后一条延长后也不相交，那么，系统将用直线连接第一段的起点和最后一段的终点形成封闭边界。

一条开放的边界定义一条敞开的轨迹，以左侧和右侧的选择指示材料的保留侧；一个封闭的边界是用一个公共定义第一切削段的起点和最后切削段的终点，以内部和外部的选择指示材料的保留侧。开放的边界没有使用一个公共点定义第一切削段的起点和最后切削的终点。

如果打开的边界共有一个端点，看起来是“封闭”的边界，但它们仍然是打开的边界，它与同样封闭的边界产生的轨迹是不同的。

5）更改名称：该选项用于更改边界名称，如果用户不更改边界名称，则边界按产生的先后顺序，用 B1、B2、B3…等命名。

（3）编辑永久边界

在如图 3-17 所示的“边界管理器”对话框中，“删除”选项用于删除边界；“隐藏”用于隐藏已创建的边界。当单击“删除”或“隐藏”按钮时，系统弹出“类选择”对话框。可用鼠标直接选择边界或用类型选择器选择边界，然后单击“确定”按钮，即可删除或隐藏边界。

在如图 3-17 所示的“边界管理器”对话框中的“列表”选项，用于在信息窗口中列出所有永久边界的名称。

3.2.3 边界的创建

创建边界的好处是它能与父几何体相关联，它是在加工环境中创建的。在“平面铣”对话框的几何体选择标记下，可以选择、编辑和显示临时边界。单击指定边界后的“选择和编辑边界”按钮，系统弹出如图 3-19 所示的“边界几何体”对话框。用于平面铣操作中各种边界的定义，包括部件边界、毛坯边界、检查边界和修剪边界，其选择



图 3-19 “边界几何体”对话框 1

方法都是一样的。

用户可以通过“边界几何对”话框进行临时边界的定义。下面对其中的选项进行介绍。

1）“模式”下拉列表：设置定义边界的选择方法，包括 4 种模式，即“曲线/边”模式、“点”模式、“面”模式和“边界”模式。

2）“名称”文本框：用于输入边界的名称。

3）“材料侧”下拉列表：定义在边界某一些边界一侧的材料是被去除或是被保留。根据创建边界的类型，材料侧选项有“内部/外部”（封闭的边界）或者是“左侧/右侧”（开放边界）。

4）“几何体类型”下拉列表：指定边界将扮演何种几何体的类型，分别有“部件”“毛坯”“检查”和“修剪”等 4 种类型。当指定了类型进行几何体的选择时，该选项不能激活。

5）“定制边界数据”按钮：允许对所选择的边界进行公差、侧边余量、毛坯距离和切削速度等参数的设置。单击该按钮，“边界几何体”对话框变为如图 3-20 所示。

1．“曲线/边”模式

在如图 3-20 所示的“边界几何体”对话框中，“模式”下拉列表选择“曲线/边”，则通过选择已经存在的曲线和曲面边缘来创建边界，系统弹出如图 3-21 所示的“创建边界”对话框。



图 3-20 “边界几何体”对话框 2



图 3-21 “创建边界”对话框

下面是对话框中部分选项的含义：

（1）类型

当从曲线和边缘创建边界时，指定边界是“开放的”或是“封闭的”。开放边界只能搭



配轮廓或标准加工方法，如使用其他切削方法，系统自动将此开放的外打开的边界在起点与终点处以直线封闭。

（2）平面

定义所选择几何体将投射的平面和边界创建的平面。它有两个选项，分别为“用户定义”和“自动”。

“自动”选项是默认的，它所决定的零件边界平面取决于选择的几何体。如果选择的边界的前两个元素是直线，那么两条直线所定义的平面即为边界平面。

“平面”下拉列表中选择“用户定义”方式时，系统弹出如图 3-15 所示的“平面”对话框，可以以多种方式指定平面。如使用前两条直线、3 个点等方式定义平面，或者可以直接指定相对主平面的偏置值。刀轨的切削是从零件边界开始到底面结束的。如果零件平面和底面处于同一平面，那么只能生成单一深度的刀轨。如果把零件边界提升，高于底面，加之切削深度选项的定义，就可以生成多层的刀轨，实现分层切削。要改变零件边界的高度，可以在编辑边界对话框中使用“用户定义”选项来定义或者改变边界平面，可以使用用户定义选项把边界移动到任意需要的刀具开始切削的高度位置。当系统无法根据选择的曲线或边缘定义出外形边界的平面时，则边界将产生在 XC-YC 平面上，即 Z=0 的水平面上。

进行平面加工时所选择的曲线高度就是曲线所在的高度，在该高度以上的部位该轮廓线将不起作用。当该曲线的位置不在所需加工的平面上时，需要定义其高度平面，否则将难以准确地进行加工，并有可能产生撞刀等后果。

（3）材料侧

定义材料在边界的一侧（开放的边界）或边界的内外（封闭的边界）将被去除还是保留。当选择边界的类型为“修剪边界”时，材料侧将变成裁剪侧，可以定义生成的刀轨的裁剪侧边。裁剪侧也对于封闭的边界和开放边界分别有内部/外部和左/右的选择。

（4）刀具位置

此选项决定刀具接近边界时的位置。它有“相切于”和“对中”两种状态。当设置为“相切于”时，刀具与边界相切；设置为“位于”时，刀具中心处于边界上。

边界上显示的小圆圈表示边界的起点，其示意图如图 3-22 所示；箭头表示边界的方向，铣轮廓的刀轨将沿着边界的方向运动；完整的箭头表示刀具中心在边界上，刀具位置为“对中”，其示意图如图 3-23 所示；半个箭头表示刀具和边界相切，刀具位置为“相切于”，其示意图如图 3-22 所示。

（5）定制成员数据

允许对所选择的边界进行公差、侧边余量、切削速度和后处理命令等参数的设置。单击“用户成员数据”按钮时，“创建边界”对话框变为如图 3-24 所示。选择边界的对话框将拉长，在中间部位增加用户化定义边界数据的选项。

（6）成链

使用成链选项可以选择一组相接的串连外形曲线。

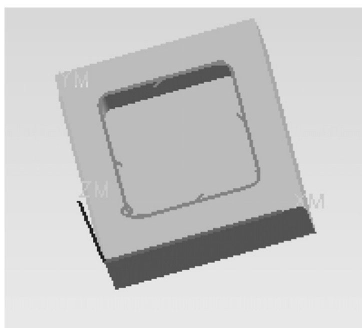


图 3-22 创建的边界 1

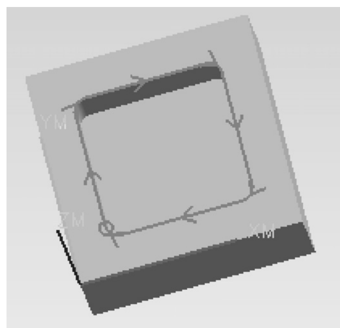


图 3-23 创建的边界 2

（7）移除上一个成员

如选择轮廓边界时选错了物体，可使用此选项移除最后一次选取的物体。

（8）创建下一个边界

如图边界有一个以上，则选取下一个外形边界前，须选取这个选项，以告知系统接下来选择的曲面或边缘为另一个轮廓边界。

2．“点”模式

在如图 3-20 所示的“边界几何体”对话框中，“模式”下拉列表选择“点”，系统弹出如图 3-25 所示的“创建边界”对话框。



图 3-24 “创建边界”对话框 1



图 3-25 “创建边界”对话框 2

与“曲线/边”模式不同的是所选择的几何体类型不一样。“点方法”下拉列表通过点构造器来定义点，系统在点与点之间以直线相连接，而形成一个开放的或者封闭的外形边界。点构造器可以使用各种点定义方法选择或指定点。“点”模式定义外形边界时，没有成链选

项，其他选项与“曲线/边”模式一致。

3．“面”模式

“面”模式选项通过所指定面的外形边缘作为平面铣的外形边界。在选取表面之前需先设置好下面的选项，再选择表面。“面”模式是默认的模式选项，用“面”模式选择边界时，所选择的边界肯定是封闭的边界，在“面选择”选项组中有以下几个选项。

1）忽略孔：选择此选项，系统定义边界时将忽略面中孔的边缘，即不考虑在实体上所选平面被切除后留下的凹部位的边缘。

2）忽略岛：选择此选项，系统定义边界时将忽略面中岛屿的边缘，即不考虑在实体所选平面上的凸台部分的边缘。

3）忽略倒角：当通过选择面来创建边界时，该选项能让用户指定与面邻接的倒角、倒圆和圆面是否被认可。如果此选项被激活，建立的边界将包含这些倒角、倒圆和圆面；如果此选项不激活，边界只建立在所选择面的边缘。

4）凸边：在所选择面的边缘中，控制刀具在凸边的位置。由于凸边通常为开放的区域，因此可以将刀具位置设为“对中”，可以完全切除此外的材料。

5）凹边：在所选择面的边缘中，控制刀具在凹边的位置。由于凹边通常会有直立的相邻面，刀具在内角凹边的位置，一般为“相切”。

4．“边界”模式

选择永久边界作为平面加工的外形边界。选择永久边界作为边界时，定义方式比较简单，由于部分参数在创建永久边界时已经确定了，所以只需要选择某一个永久边界，并指定其材料侧即可完成边界的定义。

选择边界时可以在绘图区直接点选边界图素，也可以通过输入边界名称（如 B1）来选择边界。单击“列出边界”将显示当前文件中已创建的永久边界。

边界定义最常用的方式应该是“曲线/边”方式。多次使用到的边界可以将其定义成永久边界；而对于有平面存在的模型来说，通过选择平面将平面的边缘作为边界将大大提高选择效率；对于真实边界组成的曲线较多、选择较困难而对实际加工影响不大时，可以使用点模式进行边界线的定义，作出与真实边界相近似而稍作简化的边界。

3.2.4 边界的编辑

平面铣削操作使用边界几何体计算刀轨，不同的边界几何体的组合使用，可以方便地产生所需要的刀轨。如果产生的刀轨不适合要求而需要修改刀轨或是想改变刀轨，也可以编辑已定义好的边界几何体来改变切削区域。当几何边界已经创建，单击指定边界后的“选择和编辑边界”按钮，系统弹出如图 3-26 所示的“编辑边界”对话框。

在“编辑边界”对话框中，可以对每一条边界的组成元素进行编辑。可以通过单击对话框中的◀或▶按钮来依次选择边界，也可以直接在图形上单击某一边界线而对其参数进行修改。修改参数仅对所选中的当前边界有效，当前选择的边界在图形中以系统设定的颜色显示（默认为灰色）。

在“编辑边界”对话框中，部分参数是与使用“曲线/边”模式定义边界相同的，而如果使用“面”模式或者是永久边界模式定义的边界，在这里可以进行类型、平面、刀具位置选项的编辑，也可以对不正确的材料侧或者用户参数进行设置。

1．编辑边界成员

在如图 3-26 所示的“编辑边界”对话框中，单击“编辑”按钮，系统弹出如图 3-27 所示的“编辑成员”对话框。通过弹出的“编辑成员”对话框可以进一步对边界元素进行编辑。



图 3-26 “编辑边界”对话框



图 3-27 “编辑成员”对话框

在编辑边界中，将可以对组成边界的每一条曲线或边缘进行刀具位置的设置，也可以对组成成员的公差、余量等参数进行单独设置。“刀具位置”选项用于更改刀具在到达此元素时的位置状态；可以通过“定制成员数据”按钮对元素进行公差、余量等参数的设置；“起点”按钮用于定义切削开始点，单击“起点”按钮，系统弹出如图 3-28 所示的“修改边界起点”对话框。它有“百分比”和“距离”两个指定选项，一旦定义了起点，此边界元素在起点位置将被分为两个边界元素。

“选择方式”下拉列表选择“成链”时，可以向选择曲线一样用链式选取方法选择连续的多个成员作为被编辑的当前成员。



图 3-28 “修改边界起点”对话框

2．删除边界

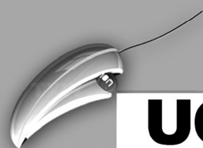
在如图 3-26 所示的“编辑边界”对话框中，单击“移除”按钮，将所选择的边界从当前操作中删除，另一个边界自动接替成为新的当前边界。

3．附加边界

在如图 3-26 所示的“编辑边界”对话框中，单击“附加”按钮，可在当前操作中新增一个边界，进行新的边界的选择。

4．信息

在如图 3-26 所示的“编辑边界”对话框中，单击“信息”按钮，列表显示当前所选的边界信息，列表中将包括边界类型、边界的尺寸范围、相关联的图素、每一成员的起点、终点、刀具位置等信息。



5．生成永久边界

在如图 3-26 所示的“编辑边界”对话框中，单击“创建永久边界”按钮，可以利用当前的临时边界创建永久边界，所创建边界的组成曲线及参数均与临时边界相同。对于重复加工一区域时可以快速方便地进行选择。

3.3 平面铣加工的操作参数设置

3.3.1 常用切削方法的选用

“平面铣”和“型腔铣”操作中的“切削方式”决定了加工切削区域的刀轨图样，切削方式决定了用于加工切削区域的刀位轨迹模式。共有 8 种可用的切削模式：“跟随部件”、“跟随周边”、“轮廓切削”、“标准驱动”、“摆线”、“单向”、“往复”和“单向轮廓”。

“往复”“单向”和“单向轮廓”都可以生成平行直线切削刀轨的各种变化。“跟随周边”可以生成一系列向内或向外移动的同心的切削刀轨。这些切削类型用于从型腔中切除一定体积的材料，但只能用于加工封闭区域。

当使用“跟随周边”切削模式时，可能无法切削到一些较窄的区域，从而会将一些多余的材料留给下一切削层，鉴于此原因，应在切削参数中打开清壁和岛清理，这可保证刀具能够切削到每个部件和岛壁，从而不会留下多余的材料。使用“跟随周边”“单向”和“往复”切削模式时，应打开“壁清理”选项，这可保证部件的壁面上不会残留多余的材料，从而不会出现在下一切削层中刀具应切削的材料过多的情况。使用“跟随周边”切削模式时，应打开“岛清根”选项，效果同上。

“配置文件”和“标准驱动”将生成沿切削区域轮廓的单一的切削刀轨。与其他切削类型不同，“配置文件”和“标准驱动”不是用于切除材料，而是用于对部件的壁面进行精加工，它们可加工开放和封闭区域。

1．往复

往复式切削创建往复平行的切削刀轨。这种切削方法允许刀具在步距运动期间保持连续的进给运动，没有抬刀，能对材料进行最大切除，是最经济和节省时间的切削运动。往复创建一系列平行直线刀轨，彼此切削方向相反，但步进方向一致。此切削类型通过允许刀具在步进时保持连续的进刀状态来使切削移动最大化。切削方向相反的结果是交替出现一系列“顺铣”和“逆铣”切削。指定“顺铣”或“逆铣”切削方向不会影响此类型的切削行为，但却会影响其中用到的“壁清理”操作的方向。

系统将努力维持线性的往复切削，但是允许刀具在步距宽度的范围内沿着切削区域的轮廓维持连续的切削运动，往复平行切削的刀轨示例如图 3-29 所示。

如果没有指定切削区域起点，第一刀的起点将尽可能地靠近外围边界的起点。

往复式切削方法因顺铣和逆铣交替产生，通常用于内腔的粗加工，它去除材料的效率较高。内腔的形状要求规则一些，以使产生的刀轨连续，且剩余的余量尽可能均匀；它也可以用于岛屿顶面的精加工，但步距的移动要避免在岛屿面进行，即往复的切削要切出表面区域。用于粗加工时，步距移动要加入圆角过度（在拐角控制中设置），切削方向应与 X 轴之

间有角度，这样可以减小机床的震动。首刀切入内腔时，如果没有预钻孔，应采用斜线下刀，斜线的坡度一般不大于 5°。

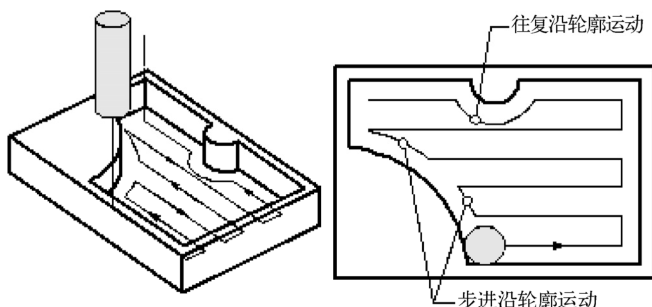


图 3-29　往复式切削模式

2．单向

单向模式生成一系列线性平行的单向切削路径。该选项能始终维持一致的顺铣或逆铣切削，并且在连续的刀轨之间没有沿轮廓的切削。刀具在切削轨迹的起点进刀，切削到切削轨迹的终点，然后刀具回退至转换平面高度，转移到下一行轨迹的起点，刀具开始以同样的方向进行下一行切削，如图 3-30 所示为单向切削的刀轨示例。

单向切削方法在每一行之间要抬刀到转换平面，并在转换平面进行水平的不产生切削的移动，因而会影响加工效率。单向切削方法能始终保持顺铣或者逆铣的状态，通常用于岛屿表面的精加工和不适用往复式切削方法的场合。例如一些陡壁的筋板，工艺上只允许刀具自下而上的切削，这种情况下，只能用单向切削了。面铣中，默认的切削方法也是单向切削，它用于表面的精加工，如果是岛屿面，切削刀轨将加工出岛屿面。

3．单向轮廓

单向带轮廓铣用于创建平行的、单向的、沿着轮廓的刀位轨迹，始终维持着顺铣或者逆铣切削。它与单向切削类似，但是在下刀时将下刀在前一行的起始点位置，然后沿轮廓切削到当前行的起点进行当前行的切削，切削到端点时，沿轮廓切削到前一行的端点，然后抬刀到转移平面，再返回到起始边当前行的起点下刀进行下一行的切削。如图 3-31 为沿轮廓的单向切削的刀轨示例。

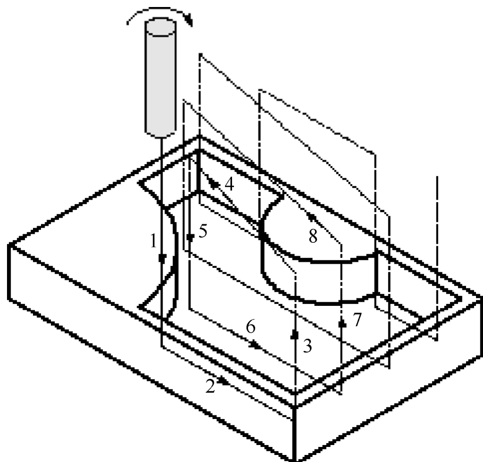


图 3-30　单向模式

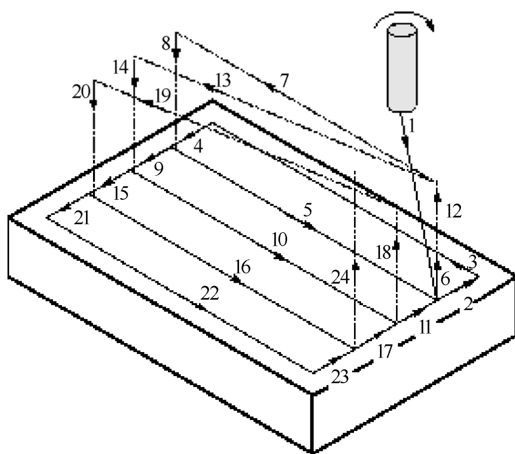


图 3-31　单向带轮廓铣模式

由于切削行间运动也作为切削运动，当在指定速度时，系统将不认可步进速度，指定的切削速度因此也作用于步距运动。沿轮廓的单向切削，通常用于粗加工后要求余量均匀的零件，如侧壁要求高的零件或者薄壁零件。使用此种方法，切削比较平稳，对刀具没有冲击。

注意：该方法中的横向进给也是切削运动，因此横向进给量也用指定的切削进给量。

4．跟随周边

跟随周边也称为沿外轮廓切削，用于创建一条沿着轮廓顺序、同心的刀位轨迹。它是通过对外围轮廓区域的偏置得到的，当内部偏置的形状产生重叠时，它们将被合并为一条轨迹后再重新进行偏置产生下一条轨迹。所有的轨迹在加工区域中都以封闭的形式呈现。

此选项与往复式切削一样，能维持刀具在步距运动期间连续进刀，以产生最大化的材料切除量。除了可以通过顺铣和逆铣选项指定切削方向外，还可以指定向内或者向外的切削。如图 3-32 所示为沿外轮廓切削轨迹，所用的是顺铣切削由内向外切削的方向。

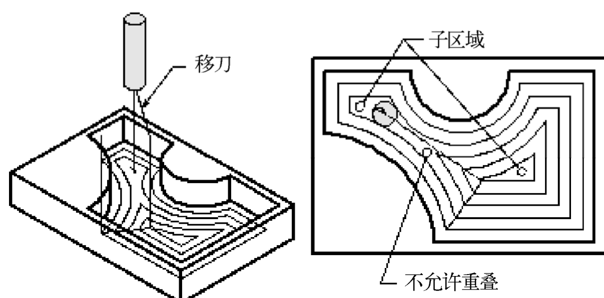


图 3-32　跟随周边模式

跟随周边切削和跟随工件切削通常用于带有岛屿和内腔零件的粗加工，如模具的型芯和型腔。这两种切削方法生成的刀轨都由系统根据零件形状的偏置产生，形状交叉的地方刀轨不规则，而且切削不连续。一般可以通过调整步距、刀具或者毛坯的尺寸来得到较为理想的刀轨。

注意：每当步距非常大（步距大于刀具直径的 50% 但小于刀具直径的 100%）时，在连续的刀轨之间可能有些区域切削不到。对于这些区域，处理器会生成其他的清理运动以去除材料。

5．跟随部件

跟随部件也称为沿零件切削，是通过对所有指定的零件几何体进行偏置来产生刀轨。不像沿外轮廓切削只从外围的环境进行偏置，沿零件切削从零件几何体所定义的所有外围环（包括岛屿、内腔）进行偏置创建刀轨。图 3-33 所示为跟随部件切削生成的刀具路径示例。

与跟随周边切削不同，跟随工件切削不需要指定向内或者向外的型腔切削方向（步距运动方向），系统总是按照切向零件几何体来决定型腔的切削方向。换句话说，对于每组偏置，越靠近零件几何体的偏置越靠后切削。对于型腔来说，步距方向是向外的；而对于岛屿，步距方向是向内的。

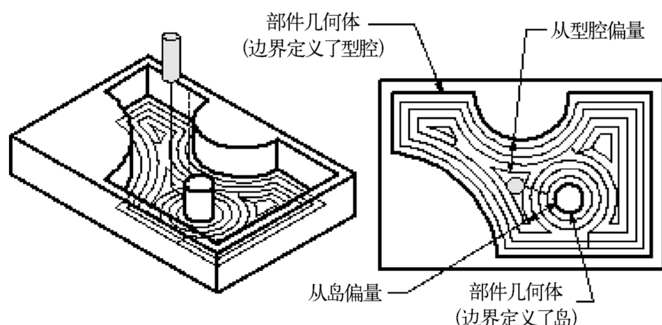


图 3-33　跟随部件模式

跟随部件的切削方法可以保证刀具沿所有的零件几何体进行切削，而不必另外创建操作来清理岛屿，因此对有岛屿的型腔加工区域，最好使用跟随工件的切削方式。当只有一条外形边界几何体时，使用跟随周边与跟随工件切削方式生成的刀具是一样的，建议优先选用跟随工件方式进行加工。

注意：使用跟随周边方式或者跟随工件方式切削生成的刀具路径，当设置的步进大于刀具有效直径的 50%时，可能在两条路径间产生未切削区域，在加工工件表面留有残余材料，铣削不完全。

有零件几何存在时，毛坯边界几何将不会影响刀具路径的形状，而当前切削层内没有零件几何体时，将用毛坯几何进行偏置而得到刀具路径。外轮廓定义为毛坯边界，内部圆定义为零件边界几何，并定义平面在下面。生成刀具路径时，第一层的刀具路径是以毛坯边界进行偏置产生的，而第二层则是以零件几何边界进行偏置产生。

6．摆线

摆线加工是 UG NX 新增的一种切削方式，其目的在于产生一个小的回转圆圈，从而避免在切削时发生全刀切入而导致切削的材料量过大。摆线加工可用于高速加工，以较低的而且相对均匀的切削负荷进行粗加工，如图 3-34 所示为摆线加工的示例。

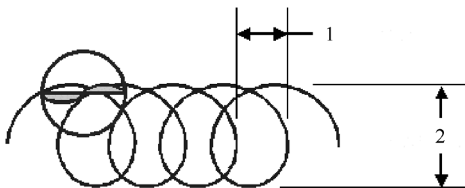


图 3-34　摆线模式

当需要限制过大的步距以防止刀具在完全嵌入切口时折断，且需要避免过量切削材料时，需使用此功能。在进刀过程中的岛屿和部件之间以及窄区域中，几乎总是会得到内嵌区域。系统可从部件创建摆线切削偏置来消除这些区域，即系统沿部件进行切削，然后使用光顺的跟随模式向内切削区域。

7．轮廓切削

轮廓切削模式，沿切削区域的轮廓创建一条或指定数目的切削路径，其刀具路径也与切削区域的形状有关，用于创建一条或者指定数量的刀轨来完成零件侧壁的切削。它能用于敞开区域和封闭区域的加工，如图 3-35 所示为轮廓切削的例子，还可以使用“附加刀轨”选项创建切向零件几何体的附加刀轨。所创建的刀轨沿着零件壁，且为同心连续的切削。

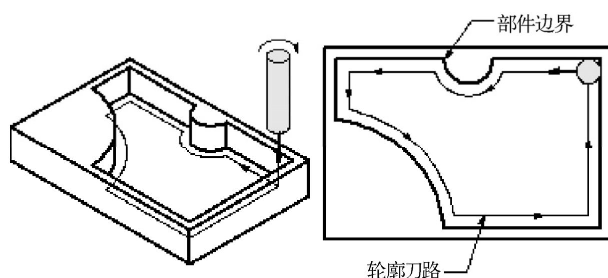


图 3-35　轮廓切削模式

对于一个以上的敞开区域，可以在一次操作中完成。如果敞开的区域之间很近，以至于使刀轨产生交错，那么系统将调节刀轨，使其不产生过切。如果一个敞开的外形和一个岛屿之间很近，刀轨将只从敞开的外形生成，并且被调整到不对岛屿产生过切。如果多个岛屿之间非常靠近，刀轨将从岛屿之外生成，并且在它们相交处减除后重新组合。

轮廓切削方法通常用于零件的侧壁或者外形轮廓的精加工或者半精加工。外形可以是封闭的或者敞开的，可以是连续的或者非连续的。具体的应用有内壁和外形的加工、拐角的补加工、陡壁的分层加工等。

提示：轮廓铣操作使用的边界不能够自相交，否则将导致边界的材料侧不明确。

8．标准驱动

标准驱动是一种轮廓切削方法，它严格地沿着指定的边界驱动刀具运动，在轮廓切削使用中排除了自动边界修剪的功能。使用这种切削方法时，可以允许刀轨自相交。每一个外形生成的轨迹不依赖于任何其他的外形，只由本身的区域决定，在两个外形之间不执行布尔操作。这种切削方法非常适合于雕花、刻字等轨迹重叠或者相交的加工操作，如图 3-36 所示为标准驱动与轮廓切削的区别示意图。

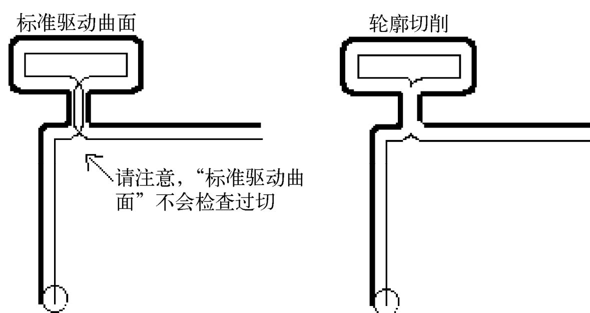


图 3-36　标准驱动与轮廓切削的区别

标准驱动方法与轮廓切削方法相同，但是多了轨迹自交选项的设置。如果把轨迹自交选项设置为“位于”，它可以用于一些外形要求较高的零件加工，如为了防止外形的尖角被切除，工艺上要求在两根棱相交的尖角处，刀具圆弧切出、再圆弧切入，此时刀轨要相交，可选用标准驱动方法。另外，它还适用雕花、刻字等容易产生轨迹自交的场合。刀具路径能适用于开放或封闭的轮廓。

注意：在下列情况下，用标准驱动方式走刀可能产生不可预料的结果：①在边界自相

交的近处，改变刀具位置属性（位于或相切）；②在刀具不能到达的拐角处，这支刀具位置属性为“位于”；③在包含多个边界段的凸角处，例如用样条曲线创建边界时所形成的凸角。

刀具路径走刀方式，能够决定铣削的速度快慢与刀痕方向，因此设定适当的切削方式，对于刀具路径的产生，是非常重要的条件。最常用方式是在精加工中使用轮廓切削方式，在粗加工中使用跟随工件切削方式。

3.3.2 用户化参数设置

在确定了切削方式后，需要进行切削方式参数的设置，在默认的操作对话框中，用户需要定义许多参数，如：切削步进、附加刀轨及切削角度等。操作对话框的中间部分如图 3-37 所示，可用于这些参数的设置。



图 3-37　相关参数设置

用户参数选项可以用户自定义对话框方式进行设定，对于特定的加工模板文件，可以在默认参数设置完成后，将需要调节的参数选项放在操作对话框中，这样可以方便快速地进行需要调节的参数设置，而其余参数按默认值进行刀具路径的生成。“步进”的详细讲解在本书的第 2 章，本节只讲解“附加刀路”和“切削角”。

1．附加刀路

附加刀轨只有在“轮廓加工”铣削或者“标准驱动”方式下才能激活。在轮廓加工时，刀位轨迹紧贴加工边界，使用附加刀路选项可以创建切向零件几何体的附加刀轨。所创建的刀轨沿着零件壁，且为同心连续的切削，向零件等距离偏移，偏移距离为步进值。如图 3-38 所示是附加刀路为 3 的切削示例。在做粗加工需考虑切削负荷及残余料，以及在做精加工需考虑以均匀的加工余量获得较高的加工精度，均可使用附加刀轨。

当使用可变步距时，附加刀路选项将不可激活，而在可变步距设置中可以指定多行加工。当指定很小的步进距离时，可在“附加刀路”文本框中输入数值 1，从而添加一道刀具路径，以补偿刀具的偏差；或者当指定较大的步进距离时，可在“附加刀路”文本框中输入大于 1 的数值，从而添加多道刀具路径，以产生与“跟随周边”切削方式相似的刀具路径。

2．切削角

当选择切削方式为平行切削时，如往复切削、单向切削或单向带轮廓铣切削方式时，切削角选项将被激活，有 3 种方法定义切削角，如图 3-39 所示。

（1）自动

由系统评估没一个切削区域的形状，并且对切削区域决定最佳的切削角度，以使其中的进刀次数为最少。如图 3-40 所示为切削角采用自动方式生成的刀位轨迹示例。

（2）最长的边

由系统评估每一个切削所能达到的切削行的最大长度，并且以该角度作为切削角。

如图 3-41 所示为切削角采用最长的边方式生成的刀位轨迹示例。

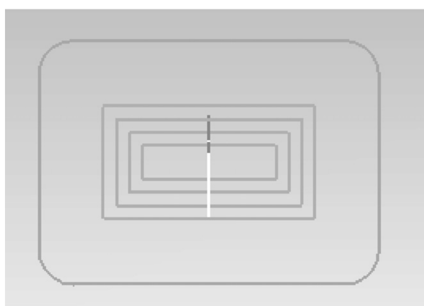


图 3-38　附加刀轨设为 3

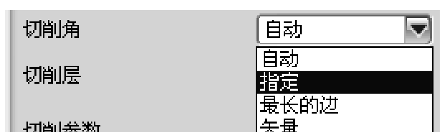


图 3-39　“切削角”种类

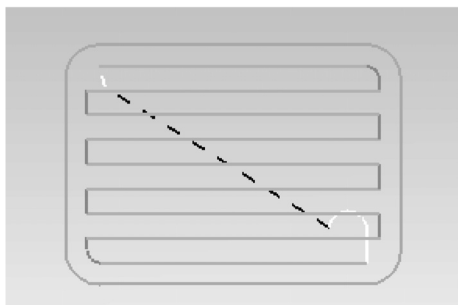


图 3-40　“自动”时的刀轨

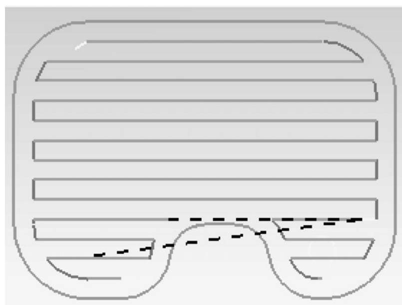


图 3-41　“最长的边”时的刀轨

（3）指定

切削角是从工作坐标系 WCS 的 XC-YC 平面中的 XC 坐标系测量的，该角度被投射到底面。当选择“指定”选项时，“切削角”下方有“与 XC 的夹角”文本框，在“与 XC 的夹角”文本框中输入角度值，如图 3-42 所示。如图 3-43 所示为将切削角定义为 30° 时生成的往复式加工刀位轨迹。



图 3-42　输入角度值

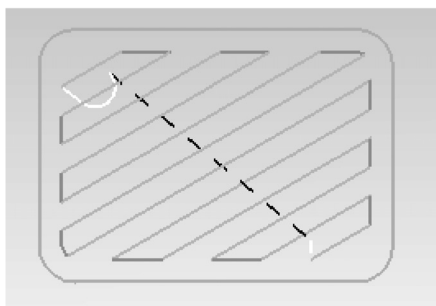


图 3-43　切削角为 30 度时的刀轨

3.3.3 切削深度

切削深度用于定义每一切削层的切削深度。该深度由岛顶面、底部面或输入的值来定义，通过“切削层”来设置。

切削层是为型腔铣操作指定切削平面。切削层由切削深度范围和每层深度来定义，一个范围由两个垂直于刀轴矢量的小平面来定义，同时可以定义多个切削范围。每个切削范围可以根据部件几何体的形状确定切削层的切削深度，各个切削范围都可以独立设定各自的均匀深度。

单击“平面铣”对话框中的“切削层”后面的“切削层”按钮，系统弹出如图 3-44 所示的“切削层”对话框，对话框上部用于指定切削深度的定义方法，下部选项用于输入对应的参数值。

1．类型

“类型”下拉列表框用于选择定义切削层的方式，选择不同的方式，输入的参数不同，但不管选择哪一种方式，在底面总可以产生一个切削层。“类型”选项包括有“用户定义”“仅底面”“底面及临界深度”“临界深度”“恒定”5 个选项，如图 3-45 所示。



图 3-44 “切削层”对话框



图 3-45 “类型”选项

2．用户定义

允许用户定义切削深度，选择该选项时，“切削层”对话框如图 3-46 所示，其中需要设置“每刀深度”“切削层顶部”“上一个切削层”“刀颈安全距离”和“临界深度”等选项。用户定义是最为常用一种深度定义方式。

用户定义切削深度时，可指定公共切深和最小切深，同时还可指定初始切削层到顶部的距离以及最终切削层到底部的距离，指定离顶面距离和离底面距离的刀轨示意图如图 3-47 所示。“公共”为在“切削层顶部”之后且在“上一个切削层”之前的每个切削层定义允许的最大切削深度。“最小值”为在“切削层顶部”之后且在“上一个切削层”之前的每个切削层定义允许的最小切削深度。这两个选项一起作用时可以定义一个允许的范围，在该范围内可定义切削深度。如果在“公共”文本框中输入 0，则系统将在底平面上生成单个切削层，不考虑其他“切削深度”参数。

“切削层顶部”选项允许为多层“平面铣”操作的第一个切削层定义切削深度，从毛坯几何体的顶面开始算起，如果没有定义毛坯几何体，从部件边界平面处测量。

“上一个切削层”选项定义了在切削过程中最后一层的切削量，此值从底平面算起。

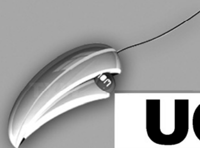




图 3-46 “切削层”对话框 1

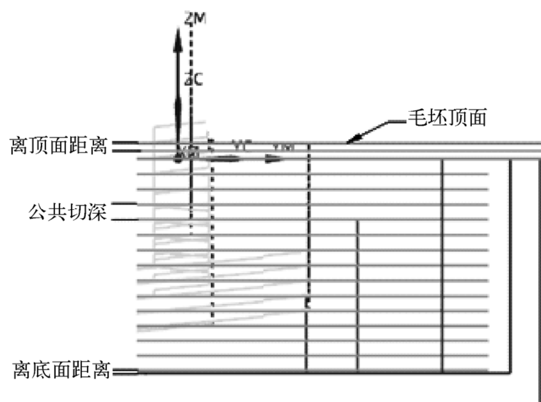


图 3-47 离顶面距离和离底面距离的刀轨示意图

“增量侧面余量”为深度平面铣操作的每一个后续切削层增加一个侧面余量值。增加侧面余量值，可以保持刀具与侧面间的安全距离，减轻刀具深度切削层切削的应力。如图 3-48 所示，切削层 1 切削到边界周边，而切削层 2 增加了一个侧面余量，以后每一切削层各增加一个侧面余量增加。UG NX 的平面加工不能进行侧面有拔模角的轮廓加工，但使用设置侧面余量增量的方式可以生成带有拔模角的零件，通过计算切削深度以一个拔模角产生的斜度其侧向移动量的数值，输入到侧面余量增量值中，即可产生一个带有一定拔模角度的零件。

3．仅底部

在底面创建一个唯一的切削层，选择该选项时，“切削层”对话框如图 3-49 所示。

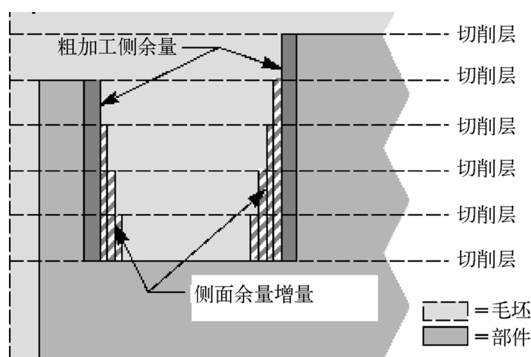


图 3-48 增量侧面余量



图 3-49 “切削层”对话框 2

4．底面及临界深度

在底面与临界平面（岛屿顶面）创建切削层，此时，岛屿顶面的切削区域不会超出定义岛屿的边界，主要用于半精加工或精加工底面和岛屿顶面，选择该选项时，“切削层”对话

框如图 3-50 所示。如图 3-51 所示为切削实例的刀具轨迹。

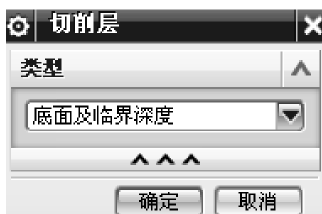


图 3-50 “切削层”对话框 3

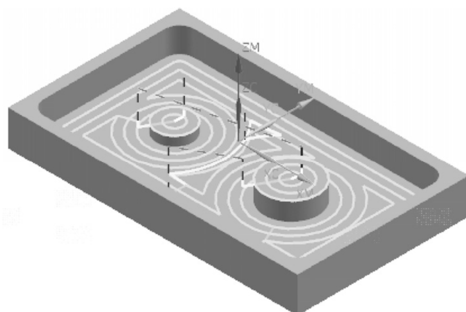


图 3-51 刀具轨迹

5．临界深度

在岛屿的顶面创建一个平面的切削层，接着在“底平面”生成单个切削层。该选项与“底面及临界深度”选项的区别在于所生成的切削层的刀具路径将完全切除切削层平面上的所有毛坯材料。选择该选项时，“切削层”对话框如图 3-52 所示。

6．恒定

该选项指定一个固定的深度值来产生多个切削层。选择该选项时，“切削层”对话框如图 3-53 所示。



图 3-52 “切削层”对话框 4



图 3-53 “切削层”对话框 5

3.3.4 切削参数

切削参数是每种操作共有的选项，但其中某些选项会随时操作类型的不同和切削方法的不同而有所不同。单击“平面铣”对话框中的“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 3-54 所示“切削参数”对话框。“切削参数”对话框包括“策略”“余量”“拐角”“连接”“空间范围”和“更多”等 6 个选项卡，每个选项卡下面又有具体的参数需要设置，下面对常用的参数进行具体介绍。



图 3-54 “切削参数”对话框

1．策略

在“切削运动”对话框中，单击“策略”选项卡，此时需要设置的参数有切削方向、切削顺序、壁、精加工刀轨、合并距离和毛坯距离等。

（1）切削方向

切削方向用于设定平面铣加工时在切削区域内的刀具进给方向，有顺铣、逆铣、跟随边界和边界反向。

1）顺铣：顺铣是指刀具旋转时产生的切线方向与工件的进给方向相同，一般数控加工多选用顺铣，有利于延长刀具的寿命并获得较好的表面加工质量。

2）逆铣：逆铣是指刀具旋转时产生的切线方向与工件的进给方向相反，逆铣一般用于加工表面不太平整、对刀刃的冲击力较大、加工精度要求不高的场合，比如粗加工锻压毛坯、铸造毛坯等。

3）跟随边界：系统根据边界的方向和刀具旋转的方向决定切削方向。刀具切削的方向决定于边界的方向，跟随边界是与边界方向一致，这个选项仅用于平面铣。

4）边界反向：系统根据边界的方向和刀具旋转的方向决定切削方向。刀具切削的方向决定于边界的方向，跟随边界是与边界方向相反，这个选项仅用于平面铣。

（2）切削顺序

用于处理多切削区域的加工顺序，它有深度优先和层优先两个选项。

1）层优先：是指刀具在一个深度上铣削所有的外形边界，再进行下一个深度的铣削，在切削过程中刀具在各个切削区域间不断转换，如图 3-55 上图所示切削顺序为层优先的示意图。

2）深度优先：是指刀具先在一个外形边界铣削设置的铣削深度后，再进行下一个外形边界的铣削。这种方式的抬刀次数和转换次数较少，如图 3-55 下图所示切削顺序为深度优先的示意图。在切削过程中只有一次抬刀转换到另一个切削区域。

（3）壁

“壁”选项组包括“岛清理”和“壁清理”两个选项。其中“岛清理”选项可确保在岛的周围不会留下多余的材料，每个岛区域都包含一个沿该岛的完整清理刀轨。“岛清理”主要用于粗加工切削，应指定部件余量以防止刀具尚在切削不均等的材料时便将岛切削到位。

“壁清理”下拉列表中有 4 个选项：无、在起点、在终点和自动。其中，“无”表示不进行工件侧壁四周清壁加工；“在起点”表示刀具在切削每一层前，先进行沿周边的清壁加工，再进行平行切削方式铣削；“在终点”表示刀具在切削每一层时，先进行平行切削方式铣削，最后进行沿周边的清壁加工；“自动”表示系统根据选用的切削方式和是否有岛屿存在，自动激活“壁清理”。

（4）精加工刀轨

“精加工刀轨”是刀具完成主要切削刀轨后所作的最后一次切削的刀轨。该选项用于设置添加的精加工刀轨的数量和相应的步距值。步距值的设置有“mm”和“%刀具”等两种形式。

（5）合并

通过设置“合并距离”的值使刀具在切削不同区域但切削深度相同时，来确定切削运动中是否需要抬刀跨越不同的切削区域，当不同切削区域之间的距离大于设定的合并距离值时，刀具将进行抬刀动作，反之，系统则不进行抬刀动作。

（6）毛坯

“毛坯”选项组下只需要设置毛坯距离，毛坯距离应用于零件边界的偏置距离，用于产生毛坯几何体。对于平面铣，毛坯距离只应用于封闭的零件边界；对于型腔铣，毛坯距离可应用于所有的零件几何。

2．余量

余量选项设置了当前操作后材料的保留量，或者是各种边界的偏移量。在“切削运动”对话框中，单击“余量”选项卡，“切削运动”对话框中如图 3-56 所示，有“余量”和“公差”两个选项组。

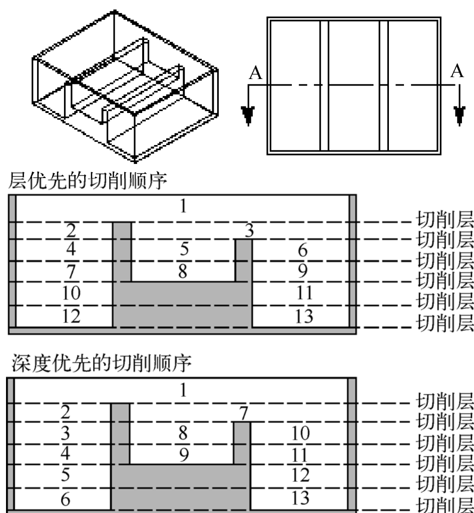


图 3-55　切削层

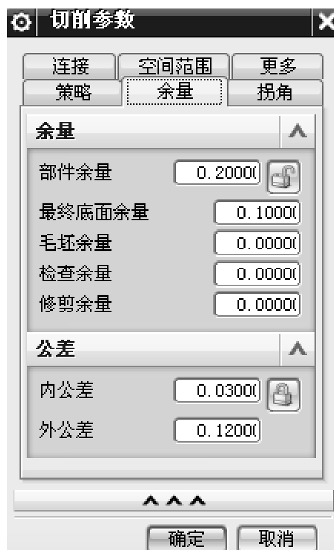


图 3-56 “切削参数”对话框

（1）余量

1）部件余量：是指在当前平面铣削结束时，留在零件周壁上的余量。

2）最终底面余量：是指完成当前加工操作后保留在型腔底和岛屿顶的余量。

3）毛坯余量：是指切削时刀具离开毛坯几何体的距离。它将应用于那些有着相切情形的毛坯边界和毛坯几何体。毛坯余量可以使用负值。由于毛坯定义了刀具的最大运动范围，毛坯余量的应用可以放大或者缩小毛坯几何体，这在编辑刀轨时非常有用。

注意：毛坯余量应用于毛坯几何体，而毛坯距离应用于零件几何体，它可以是铸件或者锻件的偏置距离。

4）检查余量：是指刀具与已定义的检查边界之间的余量。

5）修剪余量：是指刀具与已定义的修剪边界之间的余量。

当切削时，刀具总是远离所定义的检查几何体和修剪几何体。把一些重要的加工面或者夹具设置为检查几何体，加上余量的设置，可以防止刀具与这些几何体接触，以起到安全和保护的作用。这两个选项不能使用负值。

（2）公差

公差定义了刀具偏离实际零件的允许范围，公差值越小，切削越准确，产生的轮廓越光顺。切削“内公差”设置刀具切入零件时的最大偏距，称为切入公差（或内公差）。“外公差”设置刀具切削零件时离开零件的最大偏距，成为切除公差（或外公差）。实际加工时应根据工艺要求给定加工精度。例如：在进行粗加工时，加工误差可以设得大一点，以便系统加快运算速度，程序长度也可以较短，从而缩短加工时间，一般可以设定到加工留量的10%～30%；而进行精加工时，为了达到加工精度，则应减少加工误差，一般来说加工精度的误差控制在小于标注尺寸公差的1/5到1/10。

公差设置时可以将外公差与内公差的其中一个设为 0，但不能指定外公差与内公差同时为0。

3．拐角

在“切削运动”对话框中，单击“拐角”选项卡，“切削运动”对话框中如图 3-57 所示。“拐角”选项卡用于设置在切削操作中，工件拐角处的刀轨轨迹的形状，其中有“拐角处的刀轨形状”“圆弧上进给调整”和“拐角处进给减速”3 个选项。

（1）拐角处的刀轨形状

拐角处的刀轨形状指定工件拐角处的刀轨形状，有“凸角”和“光顺”两个选项。“凸角”是指工件凸角处的刀轨轨迹方式，其中有“绕对象滚动”“延伸并修剪”和“延伸”等 3 种形式。“绕对象滚动”是指刀具绕着工件凸角处进行圆弧过度的方式来切除材料，刀具轨迹如图 3-58 所示；“延伸并修剪”是指刀具沿着工件凸角处前行延伸一定的距离后再进行修剪材料，刀具轨迹如图 3-59 所示；“延伸”是指刀具沿着工件凸角处前行一定的距离但不进行修剪材料，刀具轨迹如图 3-60 所示。“光顺”用于控制刀具轨迹是否添加圆弧过渡，有“无”和“所有刀轨”等两个选项。“无”是指刀具轨迹不添加圆弧过渡，刀具轨迹如图 3-61 所示；“所有刀轨”是指刀具轨迹添加圆弧过渡，需要制定过渡的圆弧半径及步距限制值，刀具轨迹如图 3-62 所示。



图 3-57 “切削参数”对话框

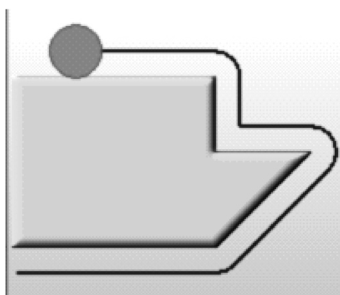


图 3-58 凸角绕对象滚动

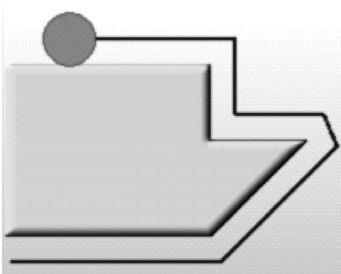


图 3-59 凸角延伸并修剪

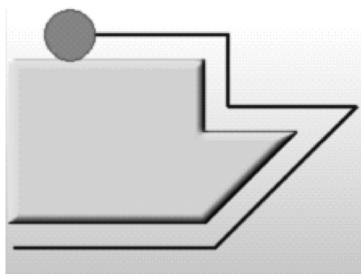


图 3-60 凸角延伸

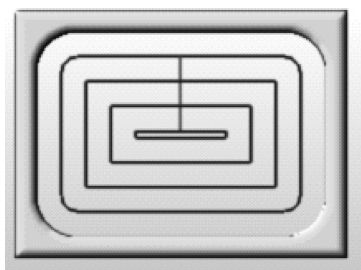


图 3-61 “无”光顺刀具轨迹



图 3-62 “所有刀轨”光顺刀具轨迹

（2）圆弧上进给调整

圆弧上进给调整是指刀具在铣削拐角时，保证刀具外侧切削速度不变。激活该选项，在拐角处采用圆周进给率补偿，这样在铣削时，可使铣削更加均匀，也减少刀具切入或偏离拐角材料的机会。此时，补偿系数选项被激活，可分别在“最大补偿因子”与“最小补偿因子”文本框中输入补偿系数。“调整进给率”有“无”和“在所有圆弧上”等两个选项。

（3）拐角处进给减速

拐角处进给减速用于设置切削时在拐角处降低进给速度。其中，“最大拐角角度”是专用于固定轴曲面轮廓铣的切削参数。为了在跨过内凸边进行切削时对刀轨进行额外的控制，

通过设置“最大拐角角度”值可避免刀具出现抬刀动作。该减速控制只用于凹角切削，需要减速控制，其中有“减速距离”“刀具直径百分比”“减速百分比”和“步数”4 个选项。

1）减速距离：该选项可以通过指定下列两个选项中的一项决定一个距离，进给速度将在刀具距凹角长度等于次距离时下降。

上一个刀具：表示刀具减速移动的长度取决于前一刀的直径，或者根据在刀具直径选项中输入的任何直径。减速开始/终止于刀具直径与零件的几何体的切点处。

2）刀具直径百分比：表示减速移动的长度取决于刀具直径的百分比。可以在“刀具的百分比”文本框内输入刀具直径的百分比。减速是在刀具直径与零件几何体的切点处开始和结束的。

3）减速百分比：定义拐角减速时最慢的进给速度，它是当前正常进给速度的百分比。

4）步数：设置刀具进给速度变化的快慢程序。刀具在开始拐角时减速，步数设置越大，减速就越平缓，每一步进给减速量为 100%～减速%。而在拐角加工结束时开始加速，加速步数为减少步数的一半。

4．连接

在“切削运动”对话框中，单击“连接”选项卡，“切削运动”对话框如图 3-63 所示，有“切削顺序”“优化”和“开放刀路”等 3 个选项组。

（1）区域排序

区域排序方式提供各种自动和人工的指定切削区加工顺序的方法，它有如下 4 种方式。

1）标准：系统根据所选边界的次序决定各切削区的加工顺序。

2）优化：系统根据最有效的加工时间自动决定各切削区域的加工顺序。

3）跟随起点：各切削区域的加工顺序取决于在切削区域中指定的切削区域起点的选择顺序。

4）跟随预钻点：各切削区域的加工顺序取决于在切削区域中指定的预钻孔下刀点的位置的选择顺序。

（2）优化

由于存在岛屿或周边轮廓不规则和其他障碍物，刀轨被分割为若干个子切削区域，使加工不连续。区域连接选项通过从一个区域的退刀到另一个区域的再进刀把子切削区域连接起来。处理器将在轨迹之间优化步距运动以使得刀轨不重复切削而且不使刀具抬起。

（3）开放刀路

使用跟随工件方式进行切削时，在某些区域可能会产生开放的刀具路径，开放刀路有两个选项，分别是“保持切削方向”和“变换切削方向”。采用保持切削方向选项时将在切削到开放轮廓端点处抬刀，移动到切削起始边下刀进行下一行的切削；而变换切削方向则在端点处直接下刀，反向进行下一行的切削。

5．空间范围

空间范围是指刀具未到达的区域，零件没有被完全加工到位。所有未切割区域边界是作为封闭的边界，且刀具位置以相切状态进行输出的。然后可以将这些边界作为毛坯几何体，做下一步精加工操作来清除余下的材料。在“切削运动”对话框中，单击“空间范围”选项卡，“切削运动”对话框如图 3-64 所示。该选项卡中有“毛坯”“参考刀具”和

“重叠”等 3 个选项。



图 3-63 “切削参数”对话框 1



图 3-64 “切削参数”对话框 2

（1）毛坯

“毛坯”选项下有“处理中的工件”选项，用于设置操作完成后保留的材料，其中有“无”“使用 2DIPW”和“使用参考刀具”等 3 个选项。“无”是指使用现有的毛坯几何体；“使用 2DIPW”是控制毛坯基于上一操作的刀具轨迹，使用上一操作的刀具轨迹判断剩余材料；“使用参考刀具”是指清除上一操作中剩余在凹角中的材料时，其刀具路径等同于拐角粗加工。

（2）参考刀具

当在“处理中的工件”选项中选择“使用参考刀具”时，系统要求输入参考刀具的参数。

（3）重叠

未切削区域边界的距离的偏距值。这个偏距用于扩展垂直切削区的边界，但是不会对零件产生过切。

6．更多

在“切削运动”对话框中，单击“更多”选项卡，“切削运动”对话框如图 3-65 所示。对话框中有“安全距离”“原有的”“底切”和“下限平面”等选项。

（1）安全距离

“安全距离”选项组下有“刀具夹持器”“刀柄”和“刀颈”等文本框。“刀具夹持器”用于设置刀具夹持器的安全偏置距离；“刀柄”用于设置刀柄的安全偏置距离；“刀颈”用于设置刀颈的安全偏置距离。

（2）原有的

“原有的”选项组下有“区域连接”和“边界逼近”等 2 个参数设置。“区域连接”设置不同的切削区域之间切削深度



图 3-65 “切削参数”对话框

相同时系统是否抬刀。若勾选“区域连接”前面的复选框，则在不同切削区域但切削深度相同时系统执行不抬刀操作；若不勾选“区域连接”前面的复选框，则在不同切削区域但切削深度相同时系统将执行抬刀操作。“边界逼近”用于设置刀具轨迹是否逼近切削区域轮廓，当区域的边界或岛屿包含二次曲线或B样条曲线时，运用边界近似的方法可以减少加工时间和缩短刀轨长度。

（3）底切

“底切”用于设置是否允许刀具底切几何体。若勾选“允许底切”前面的复选框，则系统允许刀杆摩擦零件表面；若不勾选“允许底切”前面的复选框，则系统根据底切图素调整刀具轨迹，防止刀杆摩擦零件表面。

（4）下限平面

“下限平面”用于指定下限平面位置，其中有“下限选项”“操作”和“显示”等3个选项。“下限选项”下拉列表有“使用继承的”“无”和“平面”等3个选项。

1）“使用继承的”选项：选择该选项，系统将使用已经存在的下限平面作为当前操作的下限平面。

2）“无”选项：选择该选项，系统将不指定下限平面。

3）“平面”选项：选择该选项，通过定义一个平面来指定下限平面。单击“指定下限平面”按钮，系统弹出“平面构造器”对话框，可以通过该对话框来定义一个任意平面。

3.3.5 非切削移动

非切削移动参数用于定义将刀具定位于切削运动之前、之后和之间。非切削移动可以简单到单个的进刀和退刀，或复杂到一系列定制的进刀退刀和转移（分离、移刀、逼近）运动，这些运动的设计目的是协调刀轨之间的多个部件曲面、检查曲面和抬起操作。非切削移动对连续产生无过切的非切削刀轨是非常重要的。可通过过切检查功能并对非切削刀轨的构建进行精确控制来实现这一点。要实现精确的刀具控制，所有非切削移动都是在内部向前（沿刀具运动方向）计算的。但是进刀和逼近除外，因为它们是从部件曲面开始向后构建的，以确保切削之前与部件的空间关系。

每个非切削移动（移刀除外）都具有相关联的状态，状态决定了是否在刀轨中使用该运动以及执行该运动时所使用的运动参数。

单击工序对话框中“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图3-66所示的“非切削移动”对话框。



图3-66 “非切削移动”对话框

1．进刀

合理安排刀具初始切入部件的方式，可以避让刀具受到碰撞或蹦刀等情况。在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，“非切削移动”对话框如图 3-66 所示，包括“封闭区域”“开放区域”“初始封闭区域”和“初始开放区域”等 4 个选项组。

（1）封闭区域进刀设置

该选项组主要用于封闭的区域进刀方式。

进刀类型指定刀具怎样进刀，共有 4 种进刀类型可以指定，分别为螺旋线（默认设置）、沿形状斜进刀、插铣和无。根据部件的加工表面、切削刀具形状和刀刃强度、切削参数等具体情况合理地选用进刀类型，当然，不同的进刀类型，需要设置的参数的性质和数量也不相同。

1）螺旋线：按螺旋线方式下刀。只有在使用沿零件沿外轮廓和轮廓切削类型时才有效，如图 3-67 所示。这种方式为默认方式，相对也比较安全，是在实际应用中最常用的一种进刀方式。

其需要设置的参数有：螺旋线直径、斜坡角、高度、高度起点、最小安全距离和最小斜面长度。

如果无法执行螺旋进刀或如果已指定“单向”“往复”或“单向轮廓”，则系统在使刀具倾斜进入部件时会沿着对刀轨的跟踪路线运动。系统将沿着远离部件壁的刀轨运动，以避免刀具沿壁运动。在刀具下降到切削层后，刀具会步进到第一个切削刀轨并开始第一个切削。

2）沿形状斜进刀：按外形倾斜下刀类型。不管零件的形状如何，沿着所有轨迹的切削路径进行倾斜下刀，如图 3-68 所示。

其需要设置的参数有：斜坡角、高度、高度起点、最大宽度、最小安全距离和最小斜面长度。

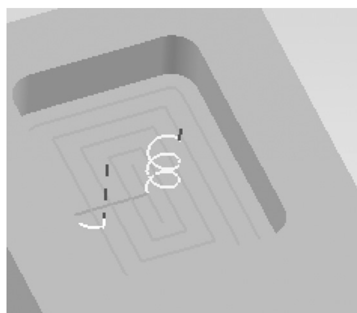


图 3-67　螺旋线进刀

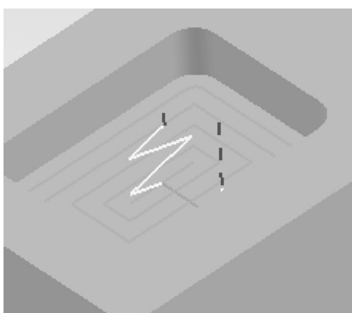


图 3-68　沿形状斜进刀

3）插铣：按直线方式进刀类型，并且该直线平行刀轴，如图 3-69 所示。该种方式下刀轨径最短，但是容易伤刀，特别直径比较小的刀具，所以当刀具直径较小时，不要采用这种进刀方式。

其需要设置的参数有：高度和高度起点，高度系统默认高度为 3 mm。

4）主要设置参数含义。

斜坡角：当用户选择“螺旋”或“沿形状斜进刀”时，刀具切削进入材料的角度，是在

垂直于部件表面的平面中测量的。斜坡角决定了刀具的起始位置，因为当刀具下降到切削层后必须靠近第一切削的起始位置。

直径：当用户选择“螺旋”进刀类型时，为螺旋进刀指定所需的或最大倾斜直径。当确定使用“螺旋”进刀类型时，系统会首先使用“直径”来生成螺旋运动。如果切削区域的大小不足以支持“直径”，则系统会减小倾斜直径并再次尝试螺旋进刀。在此过程会一直持续到“螺旋”成功或刀轨直径小于“最小斜面长度”。

最小斜面长度：可为“螺旋”和“沿形状斜进刀”指定最小斜面长度或直径。设置最小斜面长度可以确保倾斜进刀运动不会在刀具中心下方留下未切削的小块或柱状材料。

（2）开放区域

开放区域进刀类型除了上述封闭区域的进刀类型外，还有线性、线性-相对于切削、圆弧、点、线性-沿矢量、角度-角度-平面和矢量平面等进刀类型，它们的适用范围有所不同。

1）线性：线性进刀就是沿直线进刀，如图 3-70 所示。在垂直于刀轴的平面内运行倾斜一定的角度，当切削方式为往复式切削、单向切削和单向沿轮廓切削方式时，沿直线进刀与沿外形进刀产生的进刀 / 退刀倾斜方式相同。

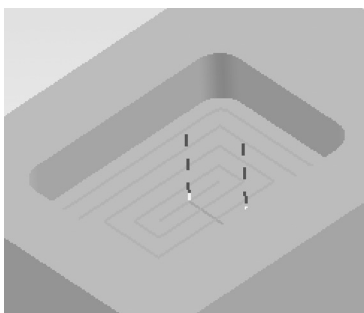


图 3-69　插铣进刀

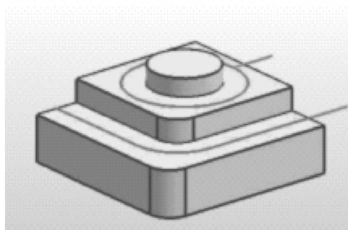


图 3-70　线性

需要设置的参数有：长度、旋转角度、斜坡角、高度和最小安全距离等。

提示：当切削方法为往复切削、单向切削或沿轮廓单向切削时，按外形与在直线上下的方式相同。

2）线性-相对于切削：将建立一个线性进到移动，其方向可以与第一个切削运动相同，也可以与第一个切削运动成一定角度，如图 3-71 所示。

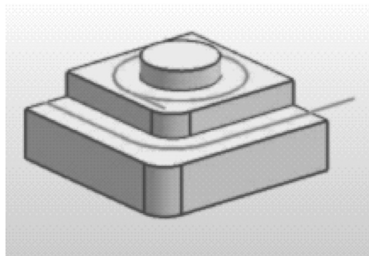


图 3-71　线性-相对于切削

需要设置的参数有：长度、旋转角度、斜坡角、高度和最小安全距离等。

3）圆弧：进刀类型为圆弧形状，如图 3-72 所示。圆弧进刀类型不会发生在往复式切削和其他平行切削方式生成的刀具路径上。

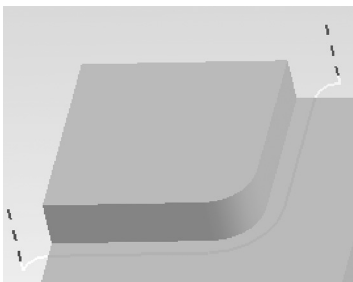


图 3-72　圆弧

需要设置的参数有：半径、圆弧半径、高度和最小安全距离等。

4）点：用两个点来控制进刀的路径，即采用点构造器指定点作为进刀点，这种进刀运动是直线运动，如图 3-73 所示。

需要设置的参数有：半径、高度、有效距离和距离等。

5）线性-沿矢量：根据矢量构造器指定的矢量决定进刀运动方向，“长度”文本框中输入的数值决定进刀点的位置。这种进刀运动轨迹是直线，如图 3-74 所示。

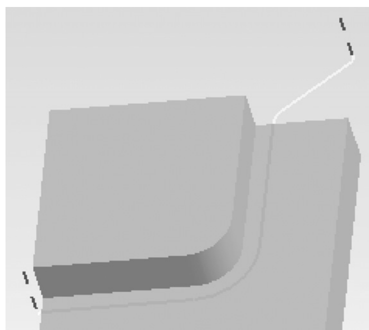


图 3-73　点

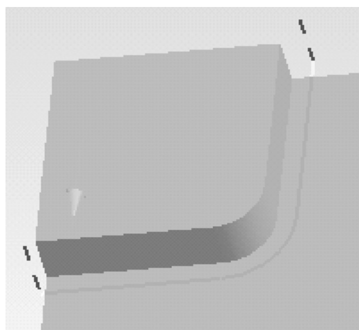


图 3-74　线性-沿矢量

6）角度-角度-平面：根据两个角度和一个平面指定进刀运动类型，其中方向由指定的两个角度决定，距离是由平面和矢量方向决定，如图 3-75 所示。

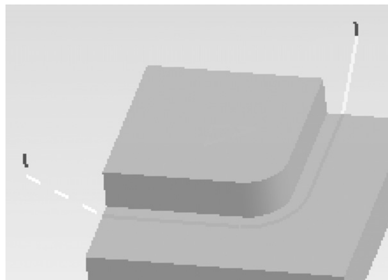


图 3-75　角度-角度-平面

需要设置的参数有：旋转角度和斜坡角等。

7）矢量平面：通过矢量构造器指定的矢量来决定进刀运动方向，同时，由平面构造器

指定的平面一起来决定进进刀点的位置，如图 3-76 所示。

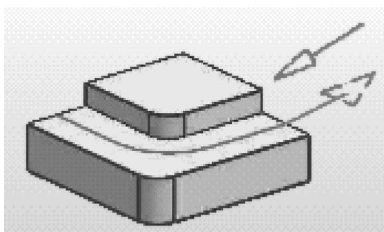


图 3-76　矢量平面

（3）安全距离

在非切削移动中，需要注意刀具运动的安全，有一个重要的工艺参数为安全距离，在进到类型参数设置中都需要设置一个安全距离。如图 3-77 所示，安全距离是指当刀具转移到新的切削位置或者当刀具进刀到规定的深度时，刀具离开工件表面的距离，它包含了水平距离、垂直距离和最小安全距离。

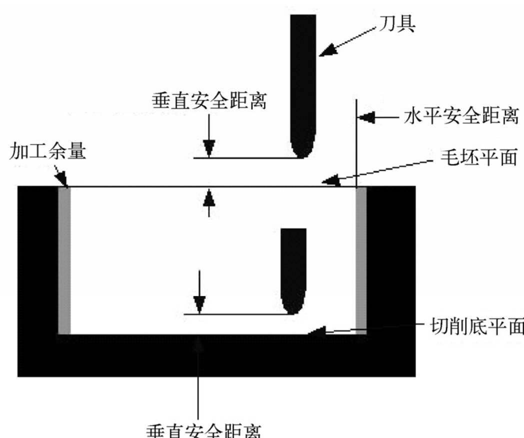


图 3-77　设置安全距离

1）水平距离：是指刀具在移动并趋近工件进到刀点距离工件周壁的最大距离。

2）垂直距离：是从毛坯或者前加工表面到零件的垂直方向的距离。垂直距离同时也指定刀具在切削平面上的这个距离内将停止接近移动，并开始进刀移动。

3）最小安全距离：当不使用安全平面时，刀具在加工的开始或结束时直达加工面。设置最小安全距离可以在下刀和返回时，使刀具离开加工面某一距离。

2．退刀

“退刀”选项卡用于定义刀具在切出零件时的距离和方向。在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡，如图 3-78 所示。用户可以选择和进刀一样的运动形式，其设置参考进刀。

3．起点 / 钻点

“起点 / 钻点”选项卡包括重叠距离、预钻孔点和区域起点选项，这三个选项为单个或者多个区域提供了切削起点的控制，它们同样决定了刀具移向型腔或者型芯壁的方向。在“非切削移动”对话框中，单击“起点 / 钻点”选项卡，如图 3-79 所示，包括“重叠距离”“预钻孔点”和“区域起点”三个选项组。



图 3-78 “非切削移动”对话框 1



图 3-79 “非切削移动”对话框 2

（1）重叠距离

重叠距离允许用户为将应用至边界的偏置输入一个值，在“重叠距离”文本框中输入一个数值即可。应用偏置可延伸与切削区域（除了会引起刀具过切部件的区域）垂直的边界。如果在精加工操作中应用“轮廓”切削方式，则只能切削区域的部件部分。

（2）区域起点

区域起点允许在多个区域型腔中，为每个区域指定切削起点。当使用圆弧进刀时，这个选项能够避免因使用自动进刀方法或者用户定义方法而在型腔拐角处进刀。

切削区域起点有默认区域起点、选择点和有效距离等选项。

1）默认区域起点。默认区域起点有两个选项：拐角和中点。

拐角：在“默认区域起点”下拉列表中选择“拐角”，则切削的起点在切削区域的拐角处，如图 3-80 所示。

中点：在“默认区域起点”下拉列表中选择“中点”，则切削的起点在切削区域的某一条切削边缘的中点处，如图 3-81 所示。

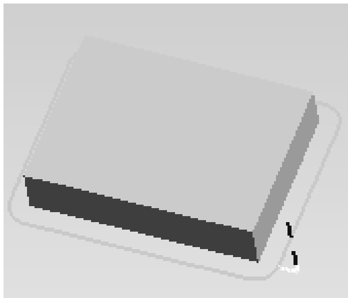


图 3-80　选择“拐角”效果



图 3-81　选择“中点”效果

2）选择点。选择点用于直接指定某一点为切削的起点。单击“指定点”后的“点对话框”按钮，系统弹出“点”对话框，指定切削的起点，单击“确定”按钮，则指定了切削

的起点；在“列表”中会显示指定的切削起点的坐标；如果指定切削的起点有误，可以单击“移除”按钮将其删除，重新指定，如图 3-82 所示。



图 3-82 “选择点”选项

（3）预钻孔点

在进行平面铣的粗加工时，为了改善下刀时的刀具受力情况，除了使用倾斜下刀或者螺旋下刀方式来改善切削路径外，也可以使用预钻孔的方式，先钻好一个大于刀具直径的孔，再在这个空的中心下刀，然后水平进刀开始切削。

通常，型腔铣刀轨的起点是由系统内部处理器自动计算得到的。但是，可以用“预钻孔点”选项自定义刀具的开始切削位置。使用这个选项，刀具先移动到指定的预钻孔进刀点位置，然后下到被指定的切削层高度，接着移动到处理器生成的开始点，然后生成后续的刀轨。

先单击“非切削移动”对话框中的“预钻孔点”选项卡将其展开。单击“指定点”后的“点对话框”按钮，系统弹出“点”对话框，指定预钻孔点，单击“确定”按钮，则指定了预钻孔点，在“列表”中会显示指定的预钻孔点的坐标，如果指定预钻孔点有误，可以单击“移除”按钮将其删除，重新指定，这与指定切削区域起点相似。

这里所指定的预钻孔点不能应用在点位加工操作中的预钻选项中，点位加工操作只能运用进刀方法选项组预钻孔选项创建的预钻点。

4．转移 / 快速

在“非切削移动”对话框中，单击“转移 / 快速”选项卡，如图 3-83 所示，用来确定切削的安全平面和刀具横越方式，它包括安全设置、切削区域内刀具横越方式、区域之间的刀具横越方式以及逼近和离开类型。

（1）安全设置

该选项用来确定安全平面及其具体位置，是非常重要的工艺参数。在多个型腔复杂工件的加工中，设置合理的安全平面可以有效地避免撞刀和过切等现象，并且一般在加工过程中都需要用安全平面进行刀具横越运动，保证较高的安全性。但是安全平面的高度值设置过大，会增加空走刀时间，加工程序效率较低。

“安全设置选项”主要包括多个类型，详细介绍如下所示。

1）使用继承的：使用在加工几何父节点组 MCS 指定的安全平面。

2）无：不指定安全平面。

3）自动平面：使用工件的高度及设置一个安全距离来创建一个安全平面，安全距离系统默认的 3 mm。

4）平面：可以选择现有平面或者通过平面构造器来创建一个安全平面。单击“平面对话框”按钮，系统弹出如图 3-84 所示的“平面”对话框，首先选择基准平面，再在“偏置”文本框中输入相应的数值作为安全平面的距离。



图 3-83 “非切削移动”对话框



图 3-84 “平面”对话框

5）点：可以选择现有的点或者通过点构造器创建点以确定一个安全平面。

6）包容圆柱体：通过创建部件几何体的包容圆柱体的偏置来指定安全平面。

7）圆柱：通过点和矢量创建一个圆柱体来指定安全平面。可以选择现有的点或者通过点构造器来创建点，可以选择现有的矢量或者通过矢量构造器。

8）球：通过点和半径创建一个球体来指定安全平面。可以选择现有的点或者通过点构造器来创建点。

9）包容块：通过创建一个部件几何体的包容块来指定安全平面。

如果没有定义安全平面，则使用一个隐含安全平面。对于平面铣，隐含安全平面指零件为几何体与毛坯几何体、检查几何体之中较高的平面加上两倍的垂直安全距离；对于型腔铣，隐含安全平面指隐含的最高切削层、检查几何体与用户定义的最高切削层之中的平面加上两倍垂直距离，其中隐含的最高切削层为零件几何体与毛坯几何体中较高的平面加上毛坯的距离。

（2）区域内

刀具传送方式就是通常所说的刀具横越，是指定一个平面，当刀具从一个切削区域转移到另一个切削区域时，刀具将先退刀到该平面，然后再水平移动到下一个切削区域的进刀点位置。如图 3-85 所示是以安全平面方式进行刀具的横越移动。

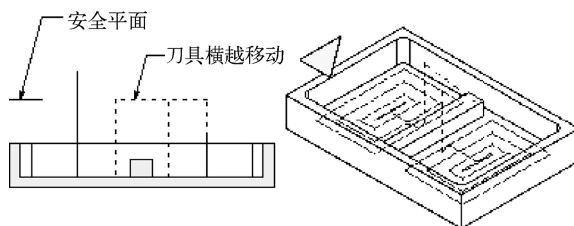


图 3-85　以安全平面方式进行刀具的横越移动

“转移方式”用于指定刀具如何从一个切削区域转移到另一个切削区域，可以通过“进刀 / 退刀”“抬刀和插铣”指定转移方式。

“转移类型”用于指定要将刀具移动到的位置，主要有以下几种类型。

1）最小安全值 Z：刀具在完成一个切削层的切削运动后，刀具将退刀至 Z 向上最低的安全平面，再横向跨越至下一个切削区域，如图 3-86 所示。

2）前一平面：刀具在完成一个切削层的切削运动后将抬刀回到前一个切削层的等高平面处，再进行横向跨越至下一个切削区域，如图 3-87 所示。

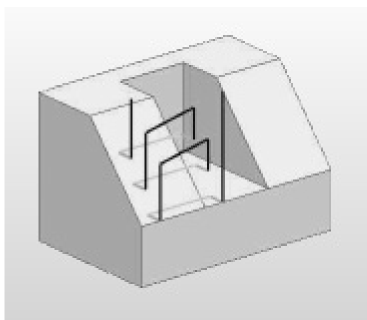


图 3-86　最小安全值 Z

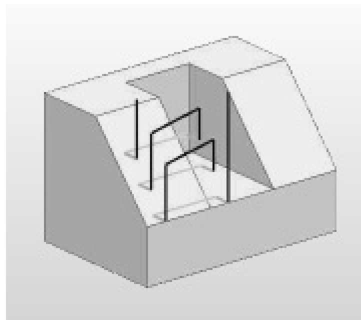


图 3-87　前一平面

3）直接：刀具在完成一个切削层的切削运动后直接横向跨越至下一个切削区域，如图 3-88 所示。

4）安全距离-刀轴：使用刀轴创建安全平面，如图 3-89 所示。

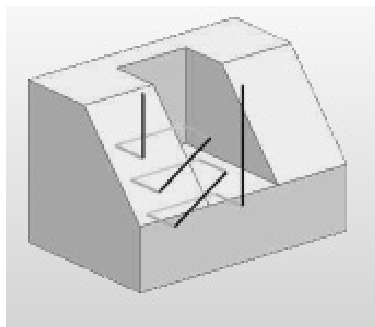


图 3-88　直接

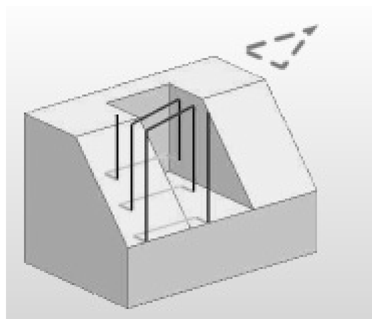


图 3-89　安全距离-刀轴

5）安全距离-最短距离：使用最短距离的平面作为创建安全平面，如图 3-90 所示。

6）安全距离-切割平面：使切割平面作为安全平面，如图 3-91 所示。

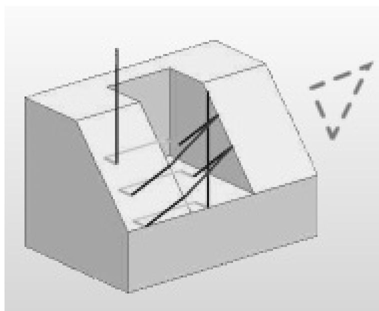


图 3-90 安全距离-最短距离

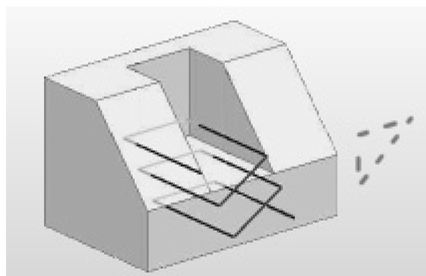


图 3-91 安全距离-切割平面

7）毛坯平面：刀具在完成一个切削层的切削运动后返回到毛坯平面处，再横向跨越至下一个切削区域，如图 3-92 所示。

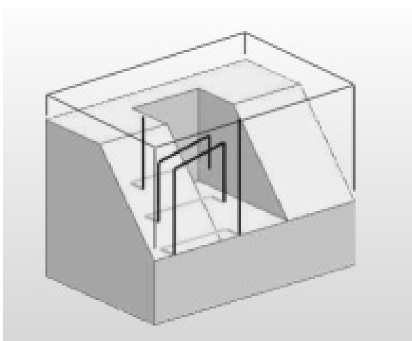


图 3-92 毛坯平面

（3）区域之间

该选项组用于多个型腔加工和多岛屿加工，是指定刀具的横越方式，读者可以参考上述“区域内”设置方法。

5．避让

“避让”用于定义刀具轨迹开始以前和切削以后的非切削移动的位置和方向。为了有助于定义这些运动，用户可以用点构造器来定义和用平面构造器等在主模型、毛坯及其周围空间定义相应的几何点、平面等，作为控制刀具运动的参考几何。合理的指定避让参数可以有效地避让工件、夹具和辅助工具等发生碰撞，设置避让参数需要了解机床结构尺寸和工件的实际安装情况。

在“非切削移动”对话框中，单击“避让”选项卡，如图 3-93 所示，需要设置的有“出发点”“起点”“返回点”和“回零点”4 个选项。“出发点”用于定义新的刀位轨迹开始段的初始位置；“起点”用于定义刀位轨迹起始位置，这个起始位置可以用于避让夹具或避免产生碰撞；“返回点”用于定义刀具在切削程序终止时，刀具从零件上移到的位置；“回零点”用于定义最终刀具位置，往往设为与出发点位置重合。它们的设置方法基本相同，本书

只介绍“出发点”的设置。

单击“出发点”选项组，将“出发点”选项组展开。“出发点”选项组下的“点选项”包括“无”和“指定”两个选项。“无”表示不指定出发点位置，这样不会影响刀具轨迹的产生，一般需要在最终生成的数控 NC 程序中进行修改或者补充。当“点选项”下拉列表中选择“指定”时，系统弹出“指定点”和“刀轴”两个选项，通过点构造器和矢量构造器来确定“出发点”的距离位置。

6．更多

在“非切削移动”对话框中，单击“更多”选项卡，如图 3-94 所示。主要参数有“碰撞检查”和“刀具补偿”两个选项组。



图 3-93 “非切削移动”对话框



图 3-94 “非切削移动”对话框

（1）碰撞检查

用于检查在切削过程中刀具与装夹工具是否碰撞。若勾选“碰撞检查”前的复选框，则系统在进行切削时自动检查刀具与工件装夹工具是否发现碰撞，其刀具轨迹如图 3-95 所示。若没有勾选“碰撞检查”前的复选框，则系统在进行切削时不检查刀具与工件装夹工具是否发现碰撞，其刀具轨迹如图 3-96 所示。

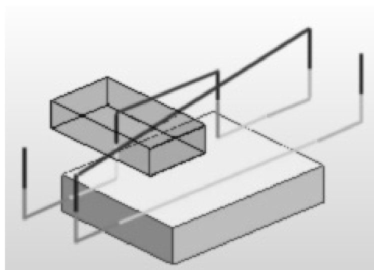


图 3-95 碰撞检查

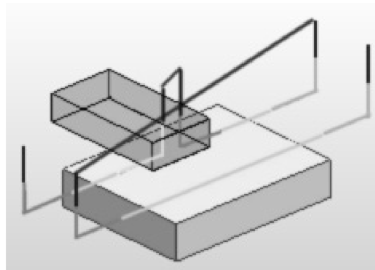


图 3-96 不检查碰撞

（2）刀具补偿

刀具补偿设置在切削运动过程中刀具补偿的方式和位置，有“无”“所有精加工刀轨”和“最终精加工刀轨”等 3 种方式。“无”是指系统在任何刀轨下都不进行刀具补偿操作；“所有精加工刀轨”是指系统在所有精加工刀轨都进行刀具补偿操作；“最终精加工刀轨”是指系统在最终精加工刀轨时才进行刀具补偿操作。

3.3.6 机床控制

机床控制是指包含控制机床运动以及其他的辅助动作的一系列后处理事件的操作，是非切削加工操作。这些操作不在被加工工件上生成刀轨，但是利用这些操作可以免除在每一个包含刀轨的切削加工操作中去定义后处理事件命令。用户只需要在切削加工操作之前、之间和最后插入适当的机床控制操作就可以了。

典型的机床控制操作一般包含启动或关闭机床主轴（Spindle On/ Spindle Off）、开启或关闭冷却液（Coolant On/ Coolant Off）、加工过程中的换刀动作（Tool Change）、刀长补偿（Tool Length Compensation）等后处理事件。这些后处理事件是工件整个加工过程中的辅助动作，大多是完成切削加工前的准备操作或完成切削加工加工后的善后操作，也可以是两个加工操作之间的扶助操作。

机床控制操作的主要作用是在所有操作刀轨开始之前或结束之后对机床进行一些特定控制工作。如，在操作刀轨开始之前开启机床主轴、开启冷却液、定位刀具到其始位置，预选一把刀具等，在所有操作刀轨结束之后关闭冷却液、关闭机床主轴、将刀具回到初始位置等，也可以在各操作之间实现换刀、添加刀具补偿等功能。这些命令实际上都可以说是一些后处理命令或事件（Events）。

注意：可将机床控制命令创建成独立的操作，使得 CNC 编程员可以方便地重新安排这些操作的位置和顺序，因为它不依赖于任何切削运动。

机床控制是“创建工序”对话框中的一个加工子类型按钮，用于在加工的开始和结束以及加工操作之间设置必要的一些辅助工作。

工序对话框中的“机床控制”如图 3-97 所示，可以指定开始刀轨事件、结束刀轨事件和运动输出类型。

1．开始刀路事件

开始刀路事件可以指定刀路开始时的相关事件，后面有“复制至...”和“编辑”按钮。当单击“复制至...”按钮，系统弹出如图 3-98 所示的“后处理命令重新初始化”对话框，通过该对话框可以从另一操作或者从操作模板中复制特殊的后处理命令。当单击“编辑”按钮，系统弹出如图 3-99 所示的“用户定义事件”对话框。用户可以旋转事件添加到开始刀轨位置，在“用户定义事件”对话框中的“可用事件”列表框中，列出了用于生成辅助功能的机床代码的机床事件，在“已用事件”列表框中列出了用户定义的事件。常见的辅助指令如表 3-2 所示。

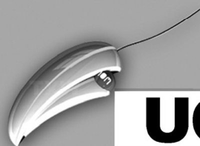




图 3-97　机床控制



图 3-98　“后处理命令重新初始化”对话框



图 3-99　“用户定义事件”对话框

表 3-2　常见的辅助指令

选　　项	说　　明	选　　项	说　　明
Tool Change	换刀	Set Modes	设置模式
Coolant On	冷却液开	Coolant Off	冷却液关
Spindle On	主轴旋转	Spindle Off	主轴停止
Cutter Compensation	刀具直径补偿	Stop	停止
ToolLength Compensation	刀具长度补偿	Optional Stop	选择性停止
Sequence Number	顺序号	Dwell	暂停
Select Head	选择刀柄	Prefun	准备功能
Origin	原点	PPRINT	打印
Clamp	锁紧	User Defined	用户自定义
Rotate	旋转	Operator Message	操作者信息
Optional Skip On	程序跳段开始	Optional Off	程序跳段结束
Auxfun	辅助功能	Goto	刀具移动
From Maker	起始点标记	Return Maker	返回点标记
Start Maker	起刀点标记	Gohome Maker	退回点标记
Approach Maker	逼近点标记		

（1）列表事件

列出所有可以选取的后处理事件，双击列表中的任何一个事件（或选取一个事件，然后单击“添加新事件”按钮）开始定义一个事件，一个事件可以包含不止一个后处理命令。

（2）定义的列表

已经定义好的事件将出现在“已用事件”列表框中。双击一个已定义的事件（或选取一个事件，然后单击“编辑”按钮）可以编辑事件。

（3）删除

删除一个被选取的已定义的事件。在“已用事件”列表框中选择一个已定义的事件，然后单击“移除”按钮，可以删除一个事件。

注意：在“用户定义事件”对话框的“可用事件”列表框中有各种可用事件，但并不是每个操作都需要定义所有的事件，因为不是所有机床的控制器都支持所有的事件，更何况有些事件是车削加工和电火花线切割用的，CNC 编程员应该根据加工的实际需要设置。

2．运动输出

刀具运动输出（Motion output）选项用于控制刀具路径的生成方式。UG NX 8.5 有 5 种刀具路径输出方式，即“直线”“圆弧-垂直于刀轴”“圆弧-垂直/平行于刀轴”“Nurbs”和“Sinumerik 样条”。

（1）直线

选择此输出方式，生成的刀具路径全部由直线走刀组成，也就是只有直线插补方式，在刀具路径中不存在圆插补走刀。在圆弧处走刀则由多段直线来逼近圆弧，因此在后置处理程序中没有。

（2）圆弧-垂直于刀轴

选择此输出方式，在垂直于刀轴的平面内，刀具在圆弧处走刀时尽可能由圆弧走刀完成，并可将一系列小段直线走刀用一个圆弧走刀近似代替。刀具路径为直线段或不垂直于刀轴的曲线时，刀具以直线走刀方式切削工件。因此，在后置处理程序中即有 G0l 直线走刀指令，也有 G02、G03 圆弧走刀指令。

（3）圆弧-垂直或平行刀轴

选择此输出方式，在垂直或平行于刀轴的平面内，刀具都可以进行圆弧插补走刀，因此在后置处理程序中即有 G01 直线走刀指令，也有 02、03 圆弧走刀指令。

（4）Nurbs

选择此输出方式，系统可进行 B 样条曲线插补走刀，而不是以直线或圆弧来近似 B 样条曲线。刀具路径为直线或圆弧时，刀具路径还是以直线走刀或圆弧走刀来加工工件。因此在后置处理程序中不仅可以看到 G01 直线走刀指令和 G02、G03 圆弧走刀指令，还可以看到 G06 样条线走刀指令。目前只有少数机床可以执行 B 样条走刀指令。框该对话框可控制表面的加工精度。

（5）Sinumerik 样条

Siemens Sinumerik 控制器的输出样条，针对精加工工序中的单向切削进行优化，最适合于区域铣削驱动方法。

3.4 表面铣

3.4.1 平面铣和表面铣的相同点与不同点

平面铣与表面铣相比较，具有以下相同点：

1）调整灵活，可以方便地调整边界及边界与刀具之间的位置关系。

2）两者都是基于边界曲线来计算刀轨的，所以生成导轨的速度很快。

3）两者都属于平面二维刀轨。

平面铣与表面铣相比较，具有以下不同点：

1）平面铣必须定义底面，而表面铣不需要定义底面，因为选择的平面就是底面。

2）平面铣通过边界和底面的高度来定义切削深度，而表面铣的切削深度是参照定义平面的相对深度，所以只要设定相对值即可。

3）平面铣选择毛坯几何体和检查几何体只能是边界，表面铣可以选择实体、片体或边界。

3.4.2 表面铣概述

1．表面铣概念

表面铣是一种专用于加工表面几何的模板，它是平面铣的一种特例。它可直接选择表面来指定要加工的表面几何，也可通过选择存在曲线、边缘或制定一系列有序点来定义表面几何。在表面铣中，可以指定要切除的材料量，也可以指定零件与检查几何周围的材料量，以避免过切。切除材料的厚度沿刀轴方向、从表面边界平面向上进行测量。另外，表面铣操作中可以安排空隙的切削运动与跨越运动。在“平面铣”的“工序子类型”中有“底面和壁”“带 IPW 的底面和壁”“使用边界面铣削”和“手工面铣削”属于表面铣，具体说明参照本章的表 3-1。

2．表面铣优点

表面铣有如下优点：

1）建立表面铣操作比较简单，只需要选择要加工的表面，并指定每一个表面的加工余量即可。

2）当多加工区域靠在一起，并都需要加工到同一高度时，它们能组合在一起加工，这样可减少进刀与退刀运动，从而节省加工时间；同时，由于刀具不必在区域间进行远距离跨越，因此可以产生高效的刀具路径。

3）在表面铣操作中，定义余量很方便，指定的加工余量确定了从选择表面顶部切除的材料量。余量采用从表面往上的定义方式，代替了从顶面往下的模式。

4）在表面铣操作中，加工实体上的平面区域很方便。

5）在创建加工区域时，所选表面关联的实体被认为是零件几何。

6）对每个加工表面可采用不同的切削方法。

7）当切削运动跨越空隙时，可以不必抬刀保持切削运动连续。

3.4.3 表面铣的几何体

表面几何用于选择表面、曲线与边缘，或可以连接构成多边形的点，来创建封闭的表面边界，封闭边界的内部材料区域是要加工的区域。

基于表面铣操作的类型，可以选择多种几何体，分别是部件几何体、切削区域（表面几何体）、检查几何体和侧壁几何体。

1．部件几何体

部件几何体用于选择最终部件的实体。

单击表面铣相关工序对话框中的“指定部件”后的“选择和编辑部件几何体”按钮 ，系统弹出“部件几何体”对话框。在本书第 4 章都有详细介绍，这里不再详述。

2．切削区域

切削区域包含封闭的边界，这些边界内部的材料指明了要加工的区域。用户可通过选择以下任何一个选项来创建面边界：平面或平直的 B 曲面、曲线和边和点（连接起来可形成多边形）。

当通过表面创建面边界时，默认情况下，与所选表面边界相关联的体将自动用作部件几何体，用于确定每层的切削区域。如果希望使用过切检查，则必须选择部件几何体作为几何体父组或操作中的部件。通过曲线/边或点创建的面边界不具有此关联性。表面边界的所有成员都具有相切的刀具位置，必须至少选择一个面边界来生成刀轨。表面边界平面的法向必须平行于刀具轴。

单击表面铣相关工序对话框中的“指定切削区域”后的“选择和编辑切削区域几何体”按钮 ，系统弹出如图 3-100 所示的“切削区域”对话框。选择需要加工的表面，单击“确定”按钮，系统返回到表面铣相关工序的对话框中。

3．壁几何体

壁几何体是基于切削区域的，对于切削区域的每个面，侧面从切削开始向上，包括相切面、凹面和微凹面。使用“壁余量”和“壁几何体”可以覆盖与工件体上的加工面相关的壁的全局“部件余量”。在“底面壁”工序中使用“壁余量”和“壁几何体”，可以将工件体上的面（除了要加工的面）选为“壁几何体”，并将唯一的“壁余量”应用到这些面上来替换“部件余量”。

在“底面壁”工序对话框中，单击“指定壁几何体”后的“选择和编辑壁几何体”按钮 ，系统弹出如图 3-101 所示的“壁几何体”对话框。

4．自动壁

“自动壁”使表面铣操作能够自动识别侧壁，并背侧壁余量作用在于其相邻的切削区域平面上。对于加工区域的各个平面，侧壁起始于相邻的地面，形成凹的角度或沿着底面材料侧的方向向上，侧壁继续向上，包括相切面和稍微凸起的面，直到碰到凹面或不满足角度公差的凸面位置。



图 3-100 “切削区域”对话框



图 3-101 “壁几何体”对话框

自动壁规则如图 3-102 所示，在实例 4 和实例 8 中，“自动壁”会停止在与底面相接的面之外的第一个凹面处。 在实例 3 和实例 5 中，“自动壁”会停止在与底面相接的面之外的第一个凸面处，其中底面在 6 度的角度公差之外。在实例 3 中，第一个凸面在角度公差范围内，因此壁向上延伸直至遇到在角度公差范围之外的下一个凸面。在实例 5 中，由于第一个凸面在角度公差范围之外，因此壁会在此处停止。

自动壁的限制：如果使用“面几何体”（“毛坯边界”）来定义毛坯包容，则系统不会应用“自动壁识别”。在壁面延伸到“切削区域”底面以下的情况中，“自动壁”会选择比合适壁面更多的壁面。在这些情况中，需要手动选择壁面。

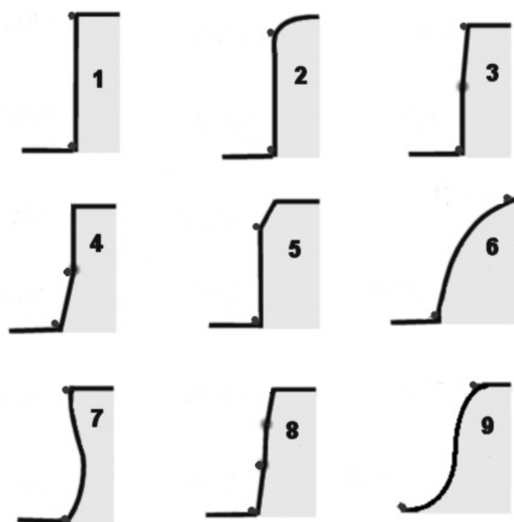


图 3-102 自动壁规则

3.4.4 底面和壁

UG NX 8.5 CAM 中新增加的“底面和壁”加工工序，使简单机械零件编程更快捷、生成的刀轨更优化。“底面和壁”加工工序的基本操作方法类似之前版本中的“表面区域铣”，

下面针对其中新增功能加以介绍。“底面壁”对话框如图 3-103 所示。

1．切削区域空间范围

“切削区域空间范围”有“底面”和“壁”两个选项。当选择为“底面”时，按照底面边界计算切削范围，不加工侧壁，加工路线如图 3-104a 所示；当选择为“壁” 时，可加工带锥度的侧壁，加工路线如图 3-104b 所示。

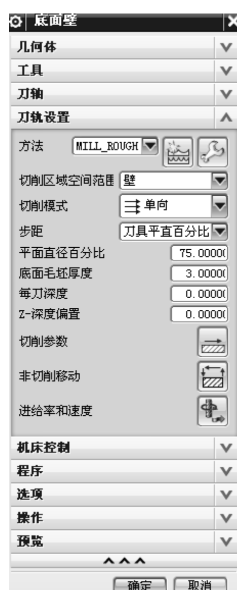
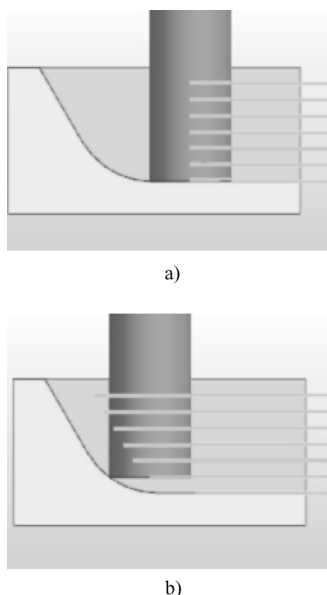


图 3-103 “底面壁”对话框



a)

b)

图 3-104 切削区域空间范围

a) 选择“底面” b) 选择“壁”

2．切削参数

单击“底面壁”工序中的“切削参数”对话框中的“空间范围”选项卡，如图 3-105 所示。



图 3-105 “切削参数”对话框

（1）精准定位

当使用圆鼻刀加工带有锥度的侧壁时，刀具能够加工出侧壁的锥度，但生成刀轨时系统实际按照平底刀计算，所以刀具圆角并没有切削到侧壁上，勾选“精确定位”复选框可使刀具圆角切削侧壁，如图 3-106 所示。当侧壁为直壁或不考虑锥度、底面圆角时，“切削空间范围”可选择“底面”并不勾选“精确定位”复选框；当底面圆角被当做底面的一部分需要切削，且“切削空间范围”不能选择“壁”时需勾选“精确定位”复选框，但当刀具底角半径大于圆角半径时，圆角处将剩余材料，当刀具底角半径小于圆角半径时，侧壁和圆角处将剩余材料；当底面及侧壁都已选择，且刀具在所有切削层上都要切到侧壁上时需勾选“精确定位”复选框。

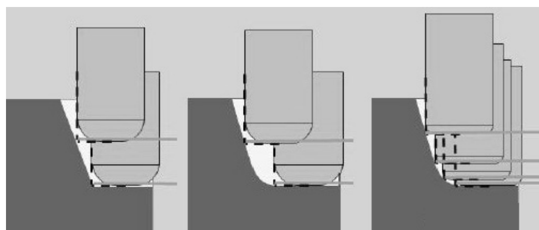


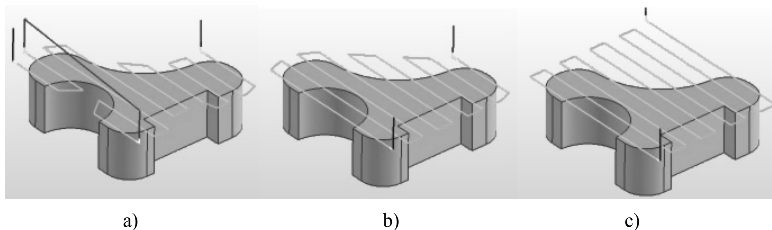
图 3-106　精确定位刀具路线

（2）毛坯

“毛坯”有“厚度”“毛坯几何体”和“3D IPW”等 3 个选项。“毛坯几何体”用于在几何体组中预先定义了毛坯几何体的情况；“3D IPW”用于在前一个操作中继承 IPW 的情况；“厚度”用于直接在选择的底面或侧壁上设置毛坯厚度的情况。

（3）简化形状

“简化形状”有“轮廓”“凸包”和“最小包围盒”等 3 个选项。“轮廓”是沿着切削区域轮廓内生成刀轨；“凸包”是沿着切削区域轮廓生成刀轨，但是可以忽略较小的角落，使之成为规则形状，从而减少抬刀；“最小包围盒”与“凸包”有点相似，但是铣削范围更大。如图 3-107 所示。



a)　　b)　　c)

图 3-107　精确定位刀具路线

a) 轮廓　b) 凸包　c) 最小包围盒

（4）切削区域

以前的毛坯延展量将由以下切削参数对话框中的新输入值代替，如图 3-108 所示。“第一刀路延展量”可以指定刀具直径的百分比或刀具在刀轨的第一刀轨上延展几何体的距离；“刀具运行开”指定在刀具到达切削区域之前，按其延伸切削运动的刀具直径或距离的百分比；“刀具运行关”指定切削区域的结束，有“延伸至区域”和“指定”两个选项。“延伸至

区域”可自动将刀具运行关延伸至切削区域以外；“指定”允许用户选择刀具直径或距离，并使用它们相对于切削点的优化端来延伸或修剪切削运动。将该切削点确定为移除材料的最后一个点。



图 3-108 “切削参数”对话框

仅选择一个刀轨时，单刀轨偏置允许用户选择刀轨的偏置距离。

注意：最后一个刀路延展量仅受刀轨处理器控制。NX 将计算刀具直径的 10% 以确定最后一个刀轨的走刀方向。

3．Z-深度偏置

部件底部没有平面可选，也可通过此功能“深度偏置”。

3.4.5 面铣削的参数设置

1．毛坯距离

毛坯距离定义了要去除的材料总厚度，它是在所选面几何体的平面上并沿刀具轴测量而得。此选项可与最终底面余量结合使用，后者定义了在面几何体上剩余未切削的材料厚度。要去除的材料总厚度是指“毛坯距离”和“最终底部面余量”之间的距离。

2．最终底部面余量

“最终底部面余量”是一个特定于“表面铣削”和“平面铣”的切削参数。在“表面铣削”中，“最终底部面余量”可定义在面几何体的上方剩余未切削材料的厚度。要去除的材料总厚度是指毛坯距离和“最终底面余量”之间的距离。

3．每刀深度

毛坯距离与最终底部面余量结合在一起，可以确定切除材料的实际总厚度，可分层切削，每刀切削深度为每层切削材料的厚度。

4．壁余量

使用“壁余量”和“壁几何体”可以覆盖与工件体上的加工面相关的壁的全局“部件余量”。在“表面铣”工序中使用“壁余量”和“壁几何体”，可以将工件体上的面（除了要加工的面）选为“壁几何体”，并将唯一的“壁余量”应用到这些面上来替换“部件余量”。

5．壁清理

当应用单向切削、往复式切削以及沿轮廓的单向切削的切削方法，用“壁清理”功能可以清理零件壁或者岛屿壁上的残留材料。它是在切削完成每一个切削层后插入一个轮廓铣轨迹来进行的。使用平行方式进行加工时，在零件的侧壁上会有较大的残余量，使用沿轮廓切削的方式可以切削这一部分的残余量，以使轮廓周边保持较均匀的余量。包括以下 3 个选项。

1）无：不进行周壁清理。

2）在起点：刀具在切削每一层前，先进行沿周边的清壁加工，再进行平行铣削。

3）在终点：刀具在切削每一层时，先进行平行铣削，最后进行沿周边清壁加工。

在粗加工中使用平行走刀方式可以获得相对较短的加工刀具路径，再在切削参数中将清壁加工选项设定为在每一层加工完成后做沿边界线的加工，以使其在轮廓线周边保持均匀的残料，这种方式可以获得较好的加工质量和较高的加工效率。

3.4.6 混合切削方法

表面铣工序作中，切削方法（模式）用来确定加工切削区域的刀具路径模式，包括“往复”“单向”“单向轮廓”“跟随周边”“轮廓加工”“跟随部件”“摆线”和“混合”等 8 种，其中前 7 种切削方法与平面铣加工操作中说明的一样，这里只对“混合”进行介绍。

混合切削方法，允许每个加工区域选用不同的切削方法。根据加工区域几何形状的不同，可以使用手动切削方法和自动切削方法，以确保各切削区域采用合适的切削方法。如果需要对每个选择的表面使用不同的切削方法，或者需要使用手动切削方法，则应该选混合切削方法的模式。

1．手动切削模式的优点

任何行业内的用户都可以在以下很多方面中受益于“手动切削”， 手动切削模式有以下优点：

1）如果没有一种预先确定的自动切削模式能适合正在加工的特殊几何体，则可以使用“手动切削”来控制刀具的切削位置。因此，用户无须再执行一些具有单个较短切削模式的单独操作来加工几何体，只需为每个区域定义所需的切削模式。

2）由于可以为某些部件几何体定义最佳的切削模式，因此“手动切削”效率更高。如果这种切削模式不是预先确定的选项，则仍可以通过使用“手动切削”来轻松地定义刀具位置。

3）对于一些特定、复杂的几何体，可能需要使用某种在 NX 中尚不可用的特殊切削模式。由于不必等待将所需的切削模式包括在 NX 的下一版本中作为预定义的自动选项，因此使用“手动切削”可以节省时间。

4）当确定使用自动切削模式的多个切削仅用一个或一些使用更大刀具的高效手动切削就能代替时，使用“手动切削”也可以节省时间。

5）使用“手动切削”可以不必构建加工几何体。也就是说，预定义的切削模式需要特定的几何体来控制刀具。当手动控制刀轨时，切削模式不需要适合特定的几何体。

6）了解如何使用“手动切削”所花费的时间较少，原因是用户界面具有一组集中的选项。

7）图形反馈通过在用户接受切削模式之前显示刀具的行进位置，因而可以提供控制，

可以查看刀具的位置，也可以查看模型和切削区域的轮廓壁。

8）通过打开或关闭切换按钮，可以对所定义的各个运动执行过切检查，以便检查准确性并避免昂贵材料的损坏。

2．使用混合切削的基本步骤

使用混合切削的基本步骤如下：

1）创建表面铣工序；

2）选择切削表面并设置相关参数；

3）“切削模式”下拉列表中选择混合；

4）单击“操作”选项组下的按钮；

5）在创建刀具路径时，对每个切削区域，系统会提示指定一种切削模式，此时，可根据提示选择切削模式并设置其参数。

3．“区域切削模式”对话框

在表面铣操作对话框中，“切削模式”下拉列表中选择混合，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，系统弹出如图 3-109 所示的“区域切削模式”对话框。该对话框中的列表框中显示了切削区域数、切削层数等，选择某一区域，然后选择该区域的切削方式；在该对话框中，可用交互方式为当前切削区域创建需要的刀具运动。可通过定义刀具位置点，或沿零件、检查、毛坯几何移动刀具，来创建进刀、切削、横向进给、跨越或退刀运动。如果创建的刀具运动不符合要求，可用对话框中的删除路径按钮将其删除。也可根据用户需要，保存一个区域的手动切削模式，以便后续相似区域引用。



图 3-109 “区域切削模式”对话框

（1）过切检查

“过切检查”选项指出系统是否根据已定义的部件和检查几何体对创建好的运动执行过切检查。默认值为开（没有选中）。如果刀具包含刀柄定义，则系统将使用刀具和刀柄执行过切检查。如果刀具过切，则会显示警告消息，此时可以决定保持此运动，方法是选择确定；或拒绝此运动，方法是选择取消。

（2）其他选项

该对话框中的其他选项说明如表 3-3 所示。

表 3-3 “区域切削模式”对话框说明

图　标	命　令	描　述
	切削模式选择	为高亮显示的区域选择一种切削模式。创建手动切削模式时，必须从下拉列表中选择“手动”，然后选取“编辑”
	编辑	选择“编辑”来访问自动切削模式的切削参数，或创建/编辑手动切削模式
	复制	从某个区域中复制手动模式，从某个区域中复制切削参数
	粘贴	将复制的手动模式粘贴到另一个区域
	重命名	重新命名区域
	插入	将其他操作插入到现有模式，将切削参数插入到使用自动模式的区域
	删除	删除手动模式或切削参数
	信息	在弹出窗口中查看信息
显示模式	显示模式	将“显示模式”设为“全部”来查看所有区域，或设为“选定的”只查看正在处理的区域
	刀轨显示选项	设置刀轨显示选项
	撤销	撤销上一操作（删除、粘贴等）

3.5 平面铣加工实例

本例是一个比较典型的平面加工零件。主要包括平面铣、轮廓精加工和表面精加工。本例主要目的是通过零件加工的过程，让读者逐步熟悉平面铣和面铣的基本思路和步骤。

本例零件的底面与侧面垂直，主要有 1 个凹槽，凹槽的深度为 25 mm；零件的长为 200 mm，宽为 120 mm，高为 10 mm；零件材料是 45#钢，加工思路是先通过平面铣进行粗加工，侧面留 0.3 mm 加工余量，底面留 0.15 mm 的余量。再用面铣精加工底面，最后用平面铣精加工侧壁，加工工艺方案制定如表 3-4 所示。

由于 45 钢的加工性能一般，可选用白钢刀或者硬质合金刀，建议选用硬质合金刀。本例零件的精度要求较高，所以除了对编程技术员要求较高外，对机床操作员的工件装夹和对刀要求也很高。

表 3-4　加工工艺方案

工 序 号	加 工 内 容	加 工 方 式	留余量部件/底面	使 用 刀 具
10	凹槽的粗加工	平面铣	0.30/0.15	平铣刀ϕ16
20	槽侧平面的精加工	平面铣	0	平铣刀ϕ10
30	槽底平面的精加工	底面和壁	0	平铣刀ϕ10

3.5.1 打开文件并进入加工环境

单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开”对话框，选择本书光盘中的 “X：/ 3 / 3_1.prt”文件，单击“OK”按钮。

进入加工环境，选择菜单“开始”→“加工”命令，系统弹出“加工环境”对话框，“CAM 会话配置”列表中选择“cam_general”，“要创建的 CAM 设置”列表选择

“mill_planar”，单击“确定”按钮，即可进入加工环境。

3.5.2 创建几何体

1．设置安全平面和确定加工原点

单击“操作导航器”工具条的“几何视图”按钮，“操作导航器”切换到加工几何组视窗。

双击右侧操作导航器中的 MCS_MILL；或者在右侧操作导航器中选择 MCS_MILL，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“编辑”，系统弹出如图 3-110 所示的“MCS 铣削”对话框。在“MCS 铣削”对话框中的“安全设置选项”下拉列表框中选择“平面”，单击“指定平面”后的“平面”按钮，系统弹出如图 3-111 所示的“平面”对话框。选择如图 3-112 所示的上表面，然后在“偏置”选项下的“距离”文本框中输入 3，单击“确定”按钮，系统返回到“MCS 铣削”对话框。单击“机床坐标系”选项下的“指定 MCS”后的“CSYS 对话框”按钮，系统弹出如图 3-113 所示的“CSYS”对话框。选择如图 3-114 所示的实体的顶点，单击“确定”按钮，系统返回到“MCS 铣削”对话框。单击“确定”按钮，系统退出“MCS 铣削”对话框。



图 3-110 “MCS 铣削”对话框



图 3-111 “平面”对话框

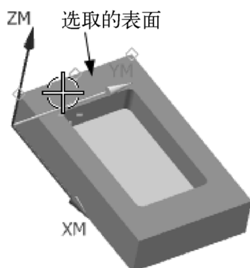


图 3-112 选取的上表面



图 3-113 “CSYS”对话框

2．创建边界

单击“刀片”工具条中的“创建几何体”按钮，系统弹出如图 3-115 所示的“创建几何体”对话框，按图 3-115 设置以下各选项：

- “类型”下拉列表中选择“mill_planar”；
- “几何体子类型”选项选择第 4 个图标，即创建边界；
- “几何体”下拉列表中选择“MCS_MILL”；
- “名称”文本框中输入“MILL_BND1”。

单击“确定”按钮，系统弹出如图 3-116 所示的“铣削边界”对话框。

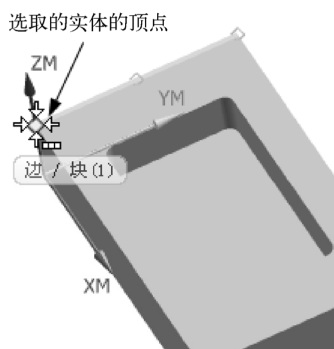


图 3-114　选取的顶点



图 3-115　“创建几何体”对话框

（1）指定部件边界

在如图 3-116 所示的“铣削边界”对话框中，单击“指定部件边界”后面的“选择或编辑部件边界”按钮，系统弹出如图 3-117 所示的“部件边界”对话框。“过滤器类型”选择“曲线边界”，“平面”选择“自动”，“类型”选择“封闭的”，“材料侧”选择“外部”，再依次选择如图 3-118 所示边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“铣削边界”对话框。



图 3-116　“铣削边界”对话框



图 3-117　“部件边界”对话框

（2）指定底平面

在如图 3-116 所示的“铣削边界”对话框中，单击“指定底面”后的“选择或编辑底平面几何体”按钮，系统弹出如图 3-119 所示的“平面”对话框。选择如图 3-120 所示的实体表面，单击“确定”按钮，系统返回到“铣削边界”对话框，再单击“确定”按钮，系统退出“铣削边界”对话框。

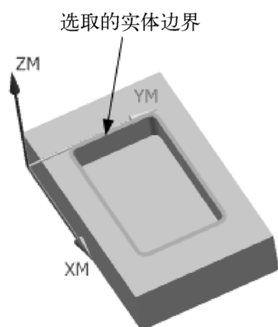


图 3-118 选取的实体边界



图 3-119 “平面”对话框

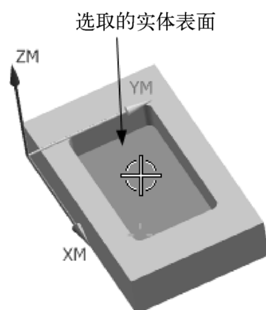


图 3-120 选取的实体表面

3.5.3 创建刀具

单击“操作导航器”工具条中的“机床视图”按钮，操作导航器中显示为机床顺序视图。

1）单击“刀片”工具条中的“创建刀具”按钮，系统弹出如图 3-121 所示的“创建刀具”对话框。“刀具子类型”选择图标，在名称文本框中输入“D16”，单击“应用”按钮，弹出如图 3-122 所示“铣刀-5 参数”对话框。



图 3-121 “创建刀具”对话框

2）设置刀具的参数，按如图 3-122 所示设置。

- 设定“直径”为 16；
- “下半径”为 0；

- “刀具号”为 1；
- “补偿寄存器”为 1；
- 其他选项依照默认值设定。

刀具参数设置完后，单击“确定”按钮，则 D16 立铣刀就创建好了。



图 3-122 “铣刀-5 参数”对话框

3）用相同的方法创建ϕ10 的立铣刀。刀具名称 D10，“直径”为 10，“刀具号”为 2，“补偿寄存器”为 2。

3.5.4 粗加工—创建平面铣工序

单击“操作导航器”工具条的“程序顺序视图”按钮，“操作导航器”切换到程序顺序组视窗。

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 3-123 所示的“创建工序”对话框。按图 3-123 所示设置以下各选项：



图 3-123 “创建工序”对话框

- “类型”的下拉列表中选择“mill_planar”；
- “工序子类型”选择 PLANAR_MILL，即图标为；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“MILL_BND1”；
- “刀具”下拉列表中选择“D16”；
- “方法”下拉列表中选择“MILL_ROUGH”；
- “名称”文本框中输入“PLA_ROU”。

设置完后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 3-124 所示的“平面铣”对话框。

2．选择切削方法和切削用量

在“平面铣”对话框中，“切削模式”下拉列表中选择“跟随部件”，“步距”下拉列表中选择“恒定”，“最大距离”文本框中输入 12。

3．设置切削层

在“平面铣”对话框中，单击“切削层”后的“切下层”按钮，系统弹出如图 3-125 所示的“切削层”对话框。“类型”下拉列表中选择“恒定”，“每刀深度”选项下的“公共”文本框中输入 0.5，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。



图 3-124 “平面铣”对话框



图 3-125 “切削层”对话框

4．设置切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 3-126 所示的“切削参数”对话框。

1）单击“策略”选项卡，按如图 3-126 所示设置以下各项参数：

- 设置“切削顺序”为“层优先”；
- “切削方向”为“顺铣”；
- 勾选“添加精加工刀路”复选框；
- “刀路数”文本框中输入 1；
- “精加工步距”文本框中输入 30，后面选择“%刀具”；
- “毛坯距离”和“合并距离”为 0。

2）单击“余量”选项卡，设置余量。

- “部件余量”文本框中输入 0.3；
- “最终底部面余量”文本框中输入 0.15；

● 其他参数采用默认值。

“切削参数”对话框中的其他选项不需要设置，在本实例中采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

5．设置非切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 3-127 所示的“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削移动参数。



图 3-126 “切削参数”对话框



图 3-127 “非切削移动”对话框 1

（1）设置进刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，如图 3-127 所示。对话框上部为“封闭区域”进刀方式，下部为“开放区域”进刀方式，按图 3-127 所示设定各参数。

● “进刀类型”下拉列表中选择“螺旋”；
● “直径”文本框中输入 50，后面选择“%刀具”；
● 其他参数采用默认值。

（2）设置退刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡，如图 3-128 所示。“退刀类型”下拉列表框中选择“圆弧”，其他参数采用默认值。

（3）设置转移 / 快速

在“非切削移动”对话框中，单击“转移 / 快速”选项卡，如图 3-129 所示。“安全设置选项”下拉列表中选择“使用继承的”；单击“区域内”选项组，将“区域内”展开，“传递使用”下拉列表框中选择“进刀 / 退刀”，“传递类型”下拉列表框中选择“安全距离-刀轴”，其他采用默认值。

（4）设置刀具补偿

在“非切削移动”对话框中，单击“更多”选项卡。“刀具补偿”选项下的“刀具补偿位置”下拉列表框中选择“无”。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。



图 3-128 “非切削移动”对话框 2



图 3-129 “非切削移动”对话框 3

6. 设置进给率和速度

在“平面铣”对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出如图 3-130 所示的“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。

在“主轴速度”文本框中输入 1300，单击“主轴速度”选项组下的“设置”选项组，展开“设置”选项组，“输出模式”下拉列表框中选择“RPM”，“方向”下拉列表框中选择“顺时针”。

“切削”文本框中输入 250，单位选择 mmpm，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

7. 生成刀具轨迹

完成了“平面铣”对话框中所有项目的设置后，单击“操作”选项组中的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，在图形区显示欲铣切边界，产生的刀具路径如图 3-131 所示。



图 3-130 “进给率和速度”对话框

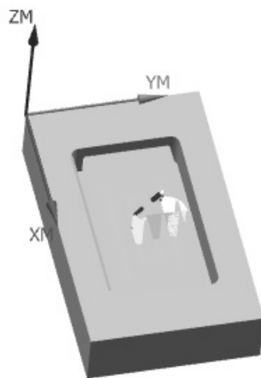
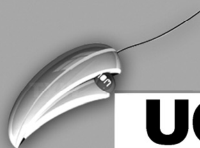


图 3-131 粗加工刀具路径



8．检视、接受刀具路径

在完成上述各步骤设置后，系统产生平面铣操作的刀具路径，在图形区进行旋转、平移、放大视图，观察刀具路径。用户可以单击按钮重新显示路径，可以从不同角度对刀具路径进行查看，以判断其路径是否合理。当确认生成的刀具路径合理之后，在“平面铣”对话框中单击“确定”按钮，接受刀具路径，关闭该对话框。

3.5.5 槽侧平面的精加工

1．复制、粘贴平面铣操作

（1）复制粗加工操作

在操作导航工具的程序顺序视图中，先用鼠标选择操作 PLA_ROU，再单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，如图 3-132 所示，复制操作 PLA_ROU。

（2）粘贴粗加工操作

在操作导航工具的机床视图中，先用鼠标选择操作 D10，再单击右键，在弹出的菜单中选择“内部粘贴”命令，如图 3-133 所示，粘贴刚才复制操作 PLA_ROU。

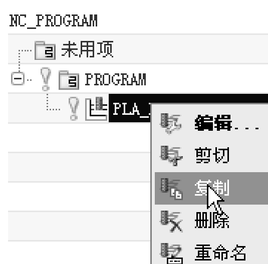


图 3-132　复制工序



图 3-133　粘贴工序

2．更换操作名称

在操作导航工具的程序顺序视图中，先用鼠标选择粘贴的操作 PLA_ROU_COPY，再单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，输入文字“PLA_FIN”，即操作名称改为 PLA_FIN。

3．编辑 PLA_FIN 操作

（1）重新选择加工方法和切削模式

选择 PLA_FIN 工序，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令；或者双击 PLA_FIN 操作名称，系统弹出“平面铣”对话框。“刀轨设置”选项组中的“方法”下拉列表中选择“MILL_FINISH”，如图 3-134 所示。“刀轨设置”选项组中的“切削模式”下拉列表中选择“轮廓加工”。



图 3-134　重新选择加工方法

（2）设置切削深度

在“平面铣”对话框中，单击“切削层”后的按钮，系统弹出如图 3-125 所示的“切削层”对话框。“类型”选择“恒定”，“公共”文本框输入 3，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（3）设置切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数按钮，系统弹出“切削参数”对话框。选择“余量”选项卡，设置以下参数：

- “部件余量”文本框中输入 0；
- “最终底部面余量”文本框中输入 0.15；
- 其他参数采用默认值。

单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（4）设置进给率和速度

在“平面铣”对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。

在“主轴速度”文本框中输入 2000，单击“主轴速度”选项组下的“设置”选项栏，展开“设置”选项组，“输出模式”下拉列表框中选择“RPM”，“方向”下拉列表框中选择“顺时针”。

“切削”文本框中输入“400”，单位选择 mmpm，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

4．产生刀具路径

1）单击“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 3-135 所示。

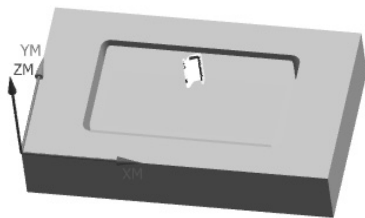


图 3-135　刀具路径

3.5.6 底面精加工一创建底面和壁工序

1．创建操作

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出现如图 3-136 所示的“创建工序”对话框。按图 3-136 所示设置以下各选项：

- “类型”的下拉列表中选择“mill_planar”；
- “工序子类型”选择图标；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“MCS_MILL”；

- “刀具”下拉列表中选择“D10”;
- “方法”下拉列表中选择“MILL_FINISH;
- “名称”文本框中输入“FLOOR_W”。

设置完后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 3-137 所示的“底面壁”对话框。



图 3-136 “创建工序”对话框



图 3-137 “底面壁”对话框

2．指定部件

在“底面壁”对话框中，单击“指定部件”后的“选择或编辑部件几何体”按钮，系统弹出如图 3-138 所示的“部件几何体”对话框。选取实体，单击“确定”按钮，系统返回到“底面壁”对话框。

3．指定切削区域

在“底面壁”对话框中，单击“指定切削区底面”后的“选择或编辑切削区域几何体”按钮，系统弹出如图 3-139 所示的“切削区域”对话框。选择如图 3-140 所示的实体表面，单击“确定”按钮，系统返回到“底面壁”对话框。



图 3-138 “部件几何体”对话框



图 3-139 “切削区域”对话框

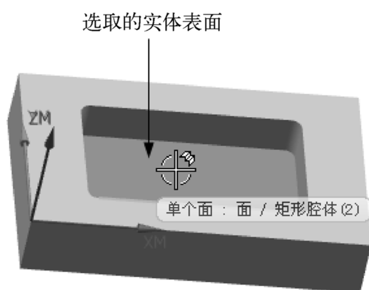


图 3-140　选取的实体表面

4．选择切削方法和切削用量

在“底面壁”对话框中，单击“刀轨设置”选项组，将“刀轨设置”选项组展开；“切削区域空间范围”下拉列表中选择“底面”，“切削模式”下拉列表中选择 跟随周边，“步距”下拉列表中选择“恒定”，“最大距离”文本框中输入“7”，“底面毛坯厚度”文本框中输入“0.15”，其他采用默认值，如图 3-141 所示。

5．设置切削参数

在“底面壁”对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 3-142 所示的“切削参数”对话框。



图 3-141　“底面壁”对话框



图 3-142　“切削参数”对话框

1）单击“策略”选项卡，按如图 3-142 所示设置以下各项参数：

- 设置“刀路方向”为“向外”；
- “切削方向”为“顺铣”；
- 勾选“添加精加工刀路”复选框；
- “刀路数”文本框中输入 1；
- “精加工步距”文本框中输入 3，单位选择 mm。

2）单击“拐角”选项卡，设置拐角，按如图 3-143 所示设置各项参数：

- “凸角”下拉列表中选择“延伸并修剪”；

● “光顺”下拉列表中选择“所有刀路”;
● 其他参数采用默认值。

3）单击“更多”选项卡，在“原有的”选项下的“壁清理”下拉列表中选择“自动”，如图 3-144 所示。

“切削参数”对话框中的其他选项不需要设置，在本实例中采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“底面壁”对话框。



图 3-143 “切削参数”对话框



图 3-144 “切削参数”对话框

6．设置进给率和速度

在“底面壁”对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。

在“主轴速度”文本框中输入 2000，单击“主轴速度”选项组下的“设置”选项组，将“主轴速度”选项组下的“设置”选项组展开，“输出模式”下拉列表框中选择“RPM”，“方向”下拉列表框中选择“顺时针”。“切削”文本框中输入 400，单位选择 mmpm，单击“确定”按钮，系统返回到“底面壁”对话框。

7．生成刀具轨迹

完成了“底面壁”对话框中所有项目的设置后，单击“操作”选项组中的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，在图形区显示欲铣切边界，产生的刀具路径如图 3-145 所示。

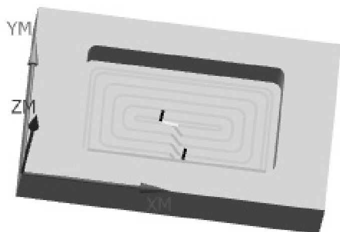


图 3-145 精加工刀具路径

第 4 章　型腔铣和深度加工轮廓铣



型腔铣主要用于工件的粗加工，快速去除毛坯余量，可加工平面铣无法加工的零件形状，一般包括带拔模角度的零件侧壁和带曲面的零件等。本章介绍型腔铣的加工特点、型腔铣的适用范围，与深度加工轮廓铣的异同；重点介绍型腔铣和深度加工轮廓的参数设置，包括切削层、切削参数、处理中的工件（IPW）等。最后通过实例来说明型腔铣和深度加工轮廓铣操作的运用。

4.1　型腔铣概述

型腔铣主要用于曲面或斜度的壁和轮廓的型腔、型芯进行加工，用于粗加工以切除大部分毛坯材料，几乎适用于加工任意形状的模型。型腔铣以固定刀轴快速而高效地粗加工平面，平面类的几何体是指零件垂直或平行于刀轴方向上是平面，曲面类的几何体是指零件上有不规则形状的曲面。和平面铣一样型腔铣刀具的侧面的刀刃也可以实现对垂直的切削，底面的刀刃切削工件底面的材料。

型腔铣主要用于工件的粗加工，快速去除毛坯余量，可加工平面铣无法加工的零件形状，一般包括带拔模角度的零件侧壁和带曲面的零件等。型腔铣的操作原理是通过计算毛坯除去工件后剩下的材料来产生刀轨，所以只需要定义工件和毛坯即可计算刀位轨迹，使用方便且智能化程度高。

4.1.1　型腔铣和平面铣的比较

型腔铣与平面铣操作都是在水平切削层上创建的刀位轨迹，用来去除工件上的材料余量。大部分情况下，特别是粗加工，型腔铣可以替代平面铣，但平面铣也有它独特的优势。下面对型腔铣和平面铣进行比较。

1．相同点

型腔铣和平面铣的相同点包括：

1）二者的刀具轴都垂直于切削层平面。

2）刀具路径的所用切削方法相同，都包含切削合乎轮廓的铣削（注：型腔铣中没有标准驱动铣）。

3）切削区域的开始点控制选项以及进刀/退刀选项相同，可以定义每层的切削区域开始点，提供多种方式的进刀/退刀功能。

4）其他参数选项，如切削参数选项、拐角控制选项、避让几何体选项等基本相同。

2．不同点

这两种操作的不同点包括：

1）平面铣用边界定义零件材料。边界是一种几何实体，可用曲线/边界、面（平面的边

界）、点定义临时边界以及选用永久边界。而型腔铣可用任何几何体以及曲面区域和小面模型来定义零件材料。

2）切削层深度的定义二者不相同。平面铣通过所指定的边界和底面的高度差来定义总的切削深度，并且有 5 种方式定义切削深度；而型腔铣通过毛坯几何体和零件几何体来定义切削深度，通过切削层选项可以定义最多 10 个不同切削深度的切削区间。

4.1.2 型腔铣的适用范围

平面铣用于直壁的、并且岛屿的顶面和槽腔的底面为平面零件的加工。而型腔铣适用于非直壁的、岛屿的顶面和槽腔的底面为平面或曲面零件的加工。

在很多情况下，特别是粗加工，型腔铣可以替代平面铣。而对于模具的型腔或型芯以及其他带有复杂曲面的零件的粗加工，多选用岛屿的顶平面和槽腔底平面之间为切削层，在每一个切削层上，根据切削层平面与毛坯和零件几何体的交线来定义切削范围。因此，型腔铣在数控加工应用中最为广泛，可用于大部分的粗加工以及直壁或者斜度不大的侧壁的精加工；通过限定高度值，只进行一层切削，型腔铣也可用于平面的精加工，以及清角加工等。型腔铣加工在数控加工应用中要占到超过一半的比例。

型腔铣用于加工非直壁的、并且岛屿的顶面和槽腔的底面为平面或曲面的零件，在许多情况下，特别是粗加工，型腔铣可以代替平面铣。型腔铣在数控加工应用中最为广泛，可用于大部分粗加工以及直壁或者斜度不大的侧壁的精加工；通过限定高度值，只作一层，型腔铣也可用于平面的精加工以及清角加工等。

4.1.3 型腔铣的特点

型腔铣操作与平面铣一样是在与 XY 平面平行的切削层上创建刀位轨迹，其操作有以下特点：

1）刀轨为层状，切削层垂直于刀具轴，一层一层的切削，如图 4-1 所示，即在加工过程中机床两轴联动。

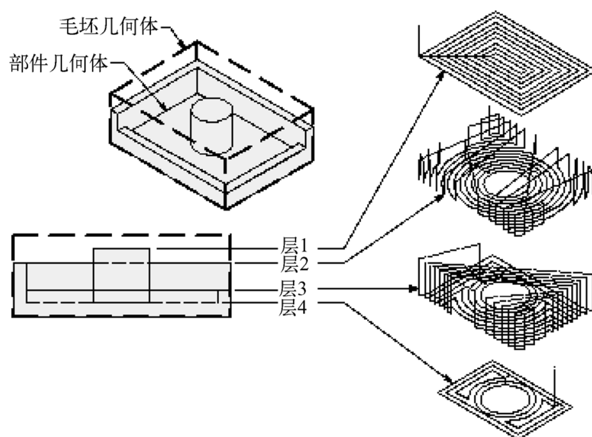


图 4-1 “型腔铣”的切削层

2）采用边界、面、曲线或实体定义刀具切削运动区域（即定义部件几何体和毛坯几何体），但是实际应用中大多数采用实体。

3）切削效率高，但会在零件表面上留下层状余料，如图 4-2 所示，因此型腔铣主要用于粗加工，但是某些型腔铣操作也可以用精加工。

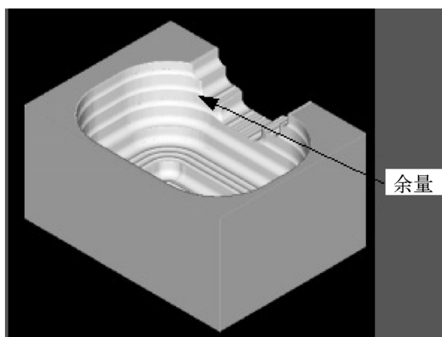


图 4-2 “型腔铣”的余量

4）可以适用于带有倾斜侧壁、陡峭曲面及底面为曲面的工件的粗加工与精加工，典型零件如模具的动模、顶模及各类型框等。

5）刀位轨迹创建容易，只要指定零件几何体与毛坯集合体，即可生成刀轨。

型腔铣的加工特征是在刀具路径的同一高度内完成一层切削，当遇到曲面时将会绕过，再下降一个高度进行下一层的切削，系统按照零件在不同深度的截面形状计算各层的道路轨迹。如图 4-1 所示的零件，分为 4 层切削；如图 4-2 所示的零件，在不同的层里，道路轨迹也有所不同。

型腔铣的加工特征是在刀具路径的同一高度内完成一层切削，遇到曲面时将绕过，再下降一个高度进行下一层高度进行的切削。系统按照零件在不同深度的截面形状计算各层的刀轨轨迹，可以理解成在一个由轮廓组成的封闭容器中，由曲面或实体组成容器中的堆积物，在容器中注入液体，在每一个高度上，液体存在的位置均为切削范围。

4.1.4 型腔铣操作模板介绍

单击“刀片”工具条上的“创建工序”按钮，系统弹出如图 4-3 所示的“创建工序”对话框，“类型”下拉列表中选择为“mill_contour”，即选择了型腔铣加工操作建立模板。工序子共有 20 种，其中有一部分是固定轴曲面轮廓铣，固定轴曲面轮廓铣详细情况在第 5 章介绍，部分子类型的说明如表 4-1 所示。

表 4-1 型腔铣各子类型的说明

图　标	英　文	中　文	说　明
	CAVITY_MILL	型腔铣	刀具路径的同一高度内完成一层切削，当遇到曲面时将会绕过，再下降一个高度进行下一层的切削
	CORNER_ROUGH	拐角粗加工	清根粗加工，主要对角落进行粗加工
	PLUNGE_MILLING	插铣加工	每一刀加工只有轴向进给
	REST_MILLING	剩余铣	型腔铣粗加工的补充加工（NX 5.0 新增功能）

（续）

图　标	英　文	中　文	说　明
	ZLEVEL_PROFILE	深度加工轮廓	深度加工轮廓是一种固定轴铣操作，通过切削多个切削层来加工零件实体轮廓和表面轮廓
	ZLEVEL_CORNER	深度加工拐角	角落深度加工轮廓，等高方式清根加工
	PROFILE_3d	轮廓 3D	特殊的三维轮廓铣切削类型，其深度取决于边界中的边或曲线，常用于修边
	CONTOUR_TEXT	轮廓文本	对文字曲线在曲面或者实体的表面进行雕刻加工
	MILL_CONTROL	铣削控制	建立机床控制操作
	MILL_USER	用户定义的铣削	自定义参数建立工序



图 4-3　“创建工序”对话框

在“创建工序”对话框中选择型腔铣加工子类型（参照表 4-1），指定操作所在的程序组、所使用的父节点组的几何体、使用刀具、使用加工方法，设定一个操作名称，单击“确定”按钮。

4.2　型腔铣加工的几何体

在创建“型腔铣”工序过程中，必须指定“型腔铣”工序的几何体。在每一个切削层中，刀具能切削零件而不产生过切的区域称为加工区域。型腔铣加工区域是由曲面或者实体几何来定义的。

4.2.1　型腔铣操作几何体的类型

型腔铣操作的几何体包括 5 种：部件几何体、毛坯几何体、检查几何体、切削区域和修剪边界。

1．部件几何体

部件几何体用于指定、编辑和显示加工完成后的零件，即最终的零件形状。它控制刀具切削深度和活动范围，可以选择特征、几何体（实体、面、曲线）和小面模型来定义零件几何体。选择实体时有一些优点，改变处理时更容易，因为整个实体都保持了关联性，而独立的平面除外，它们可随着实体的更新而改变，更容易选择实体而非独立的平面。如果希望只切削实体上一些平面，则可根据驱动方式使用切削区域、驱动几何体或其他包容，以将切削限制为小于整个部件。

2．毛坯几何体

毛坯几何体指定将代表要切削掉的原始材料的几何体或小平面体，毛坯几何体不表示最终部件并且可以直接切削或进刀，而是将要加工的原料，可以用特征、几何体（实体、面、曲线）定义毛坯几何体。如果起始工件尚未建模，则可以通过使用与 MCS 对齐的长方体，或通过对部件几何体应用三维偏置值，来方便地定义起始工件。系统将使用起始工件的这一定义从适用的几何体组中获取用于第一步操作的“工序模型”。

3．检查几何体

检查几何体是刀具在切削过程中要避让的几何体，如夹具、钳具和其他已加工过的重要表面。在型腔铣操作中，零件几何体和毛坯几何体共同决定了加工刀轨的范围。

4．切削区域

切削区域几何体用于创建局部的型腔铣操作，指定了零件几何被加工的区域，它可以是零件几何的一部分，也可以是整个零件几何。用户可以选择部件上特定的面来包含切削区域，而不需要选择整个实体，这样有助于省去裁剪边界这一操作。切削区域常用于模具和冲模加工，许多模具型腔都需要应用“分割加工”策略，这时型腔将被分割成独立的可管理的区域，随后可以针对不同区域（如较宽的开放区域或较深的复杂区域）应用不同的策略，这一点在进行高速硬铣削加工时显得尤其重要。当将切削区域限制在较大部件的较小区域中时，“切削区域”还可以减少处理时间。

5．修剪边界

修剪边界用于进一步控制刀具的运动范围，对生成的刀轨做进一步的修剪。裁剪边界可以指定将在各个切削层上进一步约束切削区域的边界。通过将“裁剪侧”指定为“内部”或“外部”（对于闭合边界），或指定为“左侧”或“右侧”（对于开放边界），用户可以定义要从操作中排除的切削区域的面积。

在某一特定的几何体类型（部件、毛坯或检查）中，不应同时选择边界和实体几何体。例如，如果选择了实体作为部件几何体，则不应再选择部件边界，但是可选择一个检查边界。

4.2.2 部件几何体

在“型腔铣”对话框中，单击“几何体”选项组下的“指定部件”后的“选择和编辑部件几何体”按钮，系统弹出如图 4-4 所示的“部件几何体”对话框。用户可以通过选择面、曲线或体来指定部件几何体。

在创建工序时可以选择使用几何父节点组，如果在几何父节点组选择的几何体选择中已经包括了部件几何体或者毛坯几何体，在创建操作时就可直接使用。而在操作对话框中相对

应的选项将不能进行选择和编辑，只能显示，单击“显示”按钮，绘图区将显示部件几何体。

在“部件几何体”对话框中，各选项的含义如下。

1）几何体：选择对象。用户可以通过选择过滤器方式来选择相应的对象作为部件几何体。

2）拓扑结构：提供面分析的功能，用于检查材料边的非连续面之间的间隙、丢失的面以及重叠的面等。当单击“部件几何体”中的“拓扑结构”按钮，系统弹出如图 4-5 所示的“拓扑结构”对话框。

当编辑几何体时，此选项有效。它可帮助改正模型几何体的造型错误，这些错误可能发生在模型是从其他 CAD 系统转换而来，或者发生在模型是使用 UG 建模的过程中。UG NX 8.5 处理器能检查模型中这些丢失、重叠或者是不相切的面，这些面可能产生多重运算和不正确的刀位轨迹。

提示：一般情况下，只有当刀位轨迹产生失败时，才建议使用拓扑选项。



图 4-4 “部件几何体”对话框 1



图 4-5 “拓扑结构”对话框

3）材料侧：用于改变某对象的材料边方向。改变材料边方向时，先用鼠标选择要改变材料的对象，然后选择该选项即可。

4）定制数据：当在“部件几何体”对话框中选择单击“定制数据”选项时，“部件几何体”对话框中的“定制数据”会展开，可以指定部件几何体的余量、公差。

5）列表：显示已选择的对象，当有定制数据时，在列表中也会显示是否定制数据。

4.2.3 毛坯几何体

毛坯几何体指定将代表要切削掉的原始材料的模型，即表示被加工零件毛坯的几何形状。在“型腔铣”对话框中，单击“几何体”选项组下的“指定毛坯”后的“选择和编辑毛坯几何体”按钮，系统弹出如图 4-6 所示的“毛坯几何体”对话框，这时可以选择和编辑毛坯几何体。“毛坯几何体”对话框的内容与“部件几何体”对话框的内容基本一致。



图 4-6 “毛坯几何体”对话框

4.2.4 检查几何体

“检查几何体”表示希望避免切削的对象，如夹具和钳具。在“型腔铣”对话框中，单击“几何体”选项组下的“指定检查”后的“选择和编辑检查几何体”按钮，系统弹出如图 4-7 所示的“检查几何体”对话框。这时可以选择和编辑毛坯几何体，该对话框与“部件几何体”和“毛坯几何体”对话框基本一致。



图 4-7 “检查几何体”对话框

4.2.5 切削区域

切削区域，指定了零件几何被加工的区域，它可以是零件几何的一部分，也可以是整个零

件几何。在“型腔铣”对话框中，单击“几何体”选项组下的“指定切削区域”后的“选择和编辑切削区域几何体”按钮，系统弹出如图 4-8 所示的“切削区域”对话框。“切削区域”对话框的内容与“部件几何体”对话框的内容相比，少了拓扑结构，其他内容基本一致。



图 4-8 “切削区域”对话框

在选择切削区域时，可不必讲究区域各部分选择的排列顺序，但切削区域中的每个成员必须包含在已选择的零件几何体中。例如，如果在切削区域中选择了一个面，则这个面应是在零件几何体中已经选择或者是零件实体的一个面。

若不选择切削区域，系统就把已定义的整个零件几何体（包含刀具不能进行切削的区域）作为切削区域，即用零件几何体的轮廓表面作为切削区域，此时，实际上没有切削区域被指定。

4.2.6 修剪边界

修剪边界用于进一步控制刀具的运动范围。在“型腔铣”对话框中，单击“几何体”选项组下的“指定修剪边界”后的“选择和编辑修剪边界”按钮，系统弹出如图 4-9 所示的“修剪边界”对话框。修剪边界的定义方法可参考本书的第 3 章。



图 4-9 “修剪边界”对话框

4.3 型腔铣加工的操作参数设置

4.3.1 型腔铣参数与平面铣参数的异同

在型腔铣操作对话框中，有不少选项是与平面铣操作对话框完全一致的，如非切削运动进退刀方法、机床控制选项组、选项和操作选项等。而另外一些参数是基本相同的，如切削方式，在型腔铣中没有标准驱动方式，其余的切削方式都与平面铣一样；切削参数中大部分参数都是一样的，但增加了几个参数选项。

型腔铣与平面铣最大的不同在于多深度切削时的切削层控制，在平面铣中是以底面作为切削底的最低平面，用切削深度选项来指定切削层；而在型腔铣中要用切削层选项进行设置。

4.3.2 切削层

在型腔铣操作对话框中的切削层选项，为多层切削指定平行的切削平面。切削层由切削深度范围与每层深度定义，一个范围包含两个垂直于刀轴的平面，通过这两个平面来定义切削的材料量。

一个操作可以定义多个范围，每个范围可由切削深度均匀等分。根据零件几何体与毛坯几何体定义的切削量，系统基于其最高点与最低点自动确定第一个范围。但系统自动确定的范围仅是近似结果，有时并不能完全满足切削要求。此时，如果需要在某个要求的位置定义范围，用户可选择几何体对象进行手动调整。

在图形窗口中，切削层用较大的平面符号来高亮显示范围，而用较小的平面符号来显示范围内的切削深度，如图 4-10 所示。范围总是从顶到底，按数字顺序一个跟着一个，一个范围不可能在另一个范围之中。在同一时间，只有一个范围作为当前激活范围进行修改或删除。

型腔铣必须有一个或一个以上的切削范围。在实际应用中，可根据被加工零件的特点，按需要定义切削范围，并且在每一个切削范围内使用不同的切削层厚度，以使被加工零件的余量较为均匀，以便于后续加工。

理论上，每一个切削范围内的切削层厚度应这样确定：被加工区域越陡峭，切削层厚度就越大（当然还必须考虑切削条件的限制），反之，被加工表面越平坦，切削层厚度就越小。这样才能保证零件被加工后的余量比较均匀。然而，实际上，在加工时经常设置所有的切削层厚度相等，且厚度值较小，这样也能获得比较均匀的加工余量。

在“型腔铣”对话框中，单击“刀轨设置”选项组下的“切削层”后的“切削层”按钮，系统弹出如图 4-11 所示的“切削层”对话框。通过该对话框可以在切削深度范围内分为多个切削范围，并为每个切削指定一刀的切削深度。该对话框上部图标用来插入与修改范围，中部选项用来定义切削范围深度、每刀切削深度以及控制点等，下部图标用来删除范围。切削层的主要参数有“范围”“范围 1 的顶部”“范围定义”“在上一个范围之下切削”“信息”和“预览”等 6 个部分。

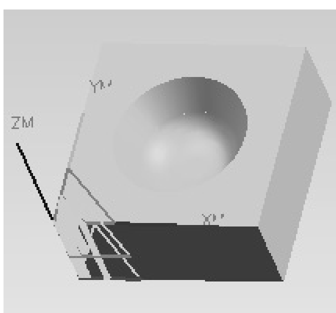


图 4-10　切削层

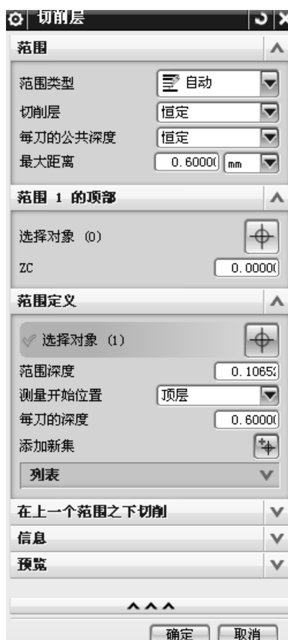


图 4-11　“切削层”对话框

提示：当没有选择部件几何体时，将不能打开切削层选项。

1．范围

范围分为“范围类型”和“切削层”2 个内容。“范围类型”是指生成切削范围的方式，其中有“自动”“用户定义”和“单个”3 个选项。

1）自动。“自动”将范围设置为与任何水平平面对齐，这些是部件的关键深度。只要用户没有添加或修改局部范围，切削层将保持与部件的关联性，软件将检测部件上的新的水平表面，并添加关键层与之匹配，如图 4-12 所示。

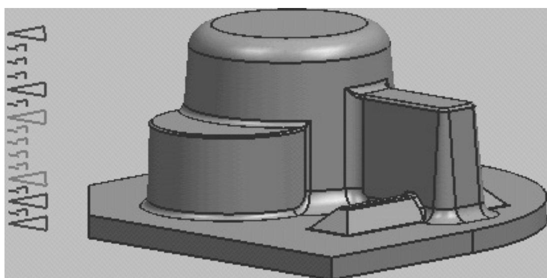


图 4-12　自动

2）用户定义。“用户定义”允许用户通过定义每个新范围的底面来创建范围，通过选择面定义的范围将保持与部件的关联性，但不会检测新的水平表面。

3）单个。“单个”将根据部件和毛坯几何体设置一个切削范围，只能修改顶层和底层，如果用户修改了其中的任何一层，则在下次处理该操作时系统将使用相同的值；如果用户使用默认值，它们将保留与部件的关联性。不能将顶层移至底层之下，也不能将

底层移至顶层之上。任何结束层旁都将显示“范围结束”符号（大平面），只有位于切削顶层和切削底层之间的结束层才会被显示和切削。系统使用“全局每刀深度”值来细分这一单个范围。

切削层有“恒定”和“仅在范围底部”两个选项。

（1）恒定

当“切削层”的定义方式选择“恒定”时，系统将要求用户设置“每刀的公共深度”参数。“每刀的公共深度”参数有“恒定”和“残余高度”等两个选项，“恒定”是指操作将以用户定义的“最大距离”值作为每刀的公共深度，“残余高度”是指操作将根据用户自定义的“最大残余高度”的值自动计算每刀的公共切削深度。

（2）仅在范围底部

“仅在范围底部”表示仅在底部范围处切削，切削范围不会再被细分，如图 4-13 所示。

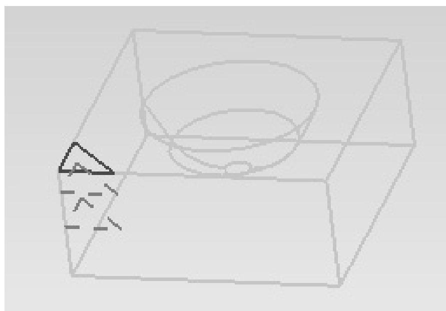


图 4-13　仅在范围底部

2．范围 1 的顶部

“范围 1 的顶部”选项组用于选择范围的顶部位置。

3．范围定义

范围定义用于定义范围的参数，有“选择对象”“范围深度”和“测量开始位置”3 个内容。

1）选择对象：用户选择一个切削范围。

2）范围深度：用于输入距离值以定义一个新的范围的底部，或者编辑一个存在范围的底部。其距离是从指定的参考平面进行测量的，通过输入一个正的或负的距离值，可使定义的范围在指定参考平面的上部或下部。也可以用范围深度滑块来改变范围深度，当移动滑块时，范围深度文本框的深度值跟着变化。

3）测量开始位置。“测量开始位置”下拉列表框，用于确定范围深度值的测量位置。包括“顶层”“当前范围顶部”“当前范围底部”和“WCS 原点”4 个选项。这些选项仅影响范围深度值的测量位置，并不影响用点或面定义的范围。

注意：当用户选择点或面来添加或修改范围时，“测量开始位置”选项不会影响范围的定义。

- 顶层：“顶层”从第一个切削范围的顶部开始测量“范围深度”值。

- 当前范围顶部：“当前范围顶部”从当前突出显示的范围的顶部开始测量“范围深度”值。
- 当前范围底部：“当前范围底部”从当前突出显示的范围的底部开始测量“范围深度”值，也可使用滑尺来修改范围底部的位置。
- WCS 原点：“WCS 原点”从工作坐标系原点处开始测量“范围深度”值。

4．在上一个范围之下切削

用户可以自定义从上一个切削范围之下的一个距离开始切削。

5．信息与预览

信息选项组用于列示所有存在的范围的信息。预览选项组用于在绘图区显示所有存在的范围，即在图形上显示切削层。

6．每刀的公共深度

“每刀的公共深度”是添加范围时的默认值。该值将影响“自动”或“单个”模式中所有切削范围的“每次切削最大深度”。对于“用户定义”模式，如果全部范围都具有相同的初始值，那么“每刀的公共深度”将应用在所有这些范围中。如果它们的初始值不完全相同，系统将询问是否要为全部范围应用新值。

系统将计算出不超过指定值的相等深度的各切削层。如图 4-14 所示，显示了系统如何根据指定的“全局每切削深度”0.25 进行调整。

7．每刀的深度

“每刀的深度”与“每刀的公共深度”类似，但前者将影响单个范围中的每次切削的最大深度。输入“每刀的深度”值，按〈Enter〉键来创建切削深度值。通过为每个范围指定不同的每切削深度，用户可以创建具有如下特点的切削层，即在某些区域内每个切削层将切削下较多的材料，而在另一些区域内每个切削层只切削下较少的材料。如图 4-15 所示，“范围①”使用了较大的“每刀的深度(A)”值，从而可以快速切削材料，“范围②”使用了较小的“每刀的深度(B)”值，以便逐渐切削掉靠近圆角轮廓处的材料。

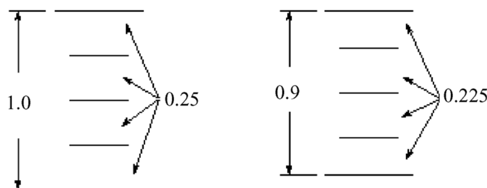


图 4-14　全局每切削深度

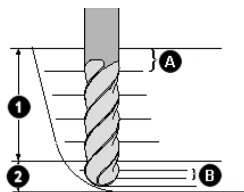


图 4-15　切削层

8．添加范围

在“切削层”对话框中，单击“添加新聚”按钮，可通过定义底平面来添加一个新范围。为新建一个范围，必须选择一个点，一个面，或在范围深度文本框中输入一个数值，来定义新范围的底面。

所创建的范围将从该平面向上延伸至上一个范围的底面，如果新创建的范围之上没有其他范围，该范围将延伸至顶层。如果选定了一个面，系统将使用该面上的最高点来定位新范围的底面，该范围将保持与该面的关联性。如果修改或删除了该面，将相应地调整或删除该范围。单击“确定”接受新的范围并关闭对话框。

如图 4-16 显示了系统将如何添加一个新范围，该范围从选定的面向上延伸至上一个范围的底面。范围①是现有范围，通过输入“范围深度”来添加新的范围②。系统使用选定面上的最高位置来定义范围②的深度。选定面并定义了“每刀的深度”后，系统将生成新的范围②，该范围从选定面向上延伸至上一个范围①的底面。

如图 4-17 显示了系统如何添加新的范围，该范围从选定面延伸到顶层。范围①是现有范围，通过选择面③来添加新范围②，系统使用选定面上的最高位置来定义范围②的深度。选定面并定义了“每刀的深度”后，系统将生成新的范围②，该范围从选定面向上延伸至上一个范围的底面。在本例中，由于范围②之上没有其他范围，范围②将延伸至顶层 ④。范围①的大小将减小，包含的切削深度的数量也将减小。

如果选择了一个面，系统就用该面的最高点来确定底平面的位置，若该面以后被删除，则相应的范围就被调整或一起删除。

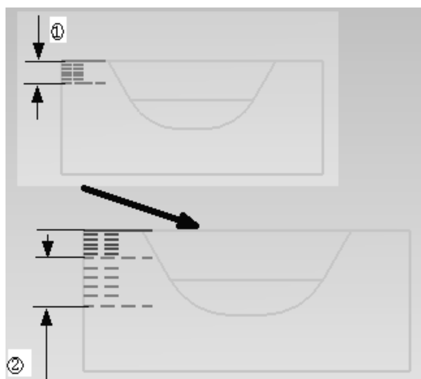


图 4-16　添加一个新范围

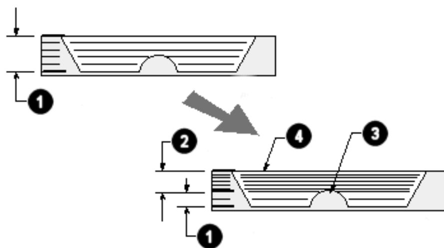


图 4-17　添加新的范围

9．修改范围

在“切削层”对话框中，在范围列表中选择已有的范围，分别在“范围深度”和“每刀的深度”文本框中输入新值，然后按〈Enter〉键即可。输入一个新的范围深度值或者选择一个面或点，使存在范围的底平面沿刀轴方向移动，以增加或减少范围的切削深度。在移动底平面到切削量的任一点时，有可能删除整个范围。在修改范围的过程中，随着其底平面的上下移动，其下面的范围就向上扩展或向下缩短，以适应空间的变化。

10．删除当前范围

在“切削层”对话框中，在范围列表中选择已有的范围，单击“移除”按钮✕。当删除一个范围时，则下一个范围的顶部会自动延伸，填充删除范围的间隙，延伸的范围将插入切削层，并可能作相应的调整。单击“移除”按钮✕可逐个地删除所有存在的范围。

4.3.3 切削参数

如图 4-18 所示为“型腔铣”使用跟随部件模式的“切削参数”对话框，可以看到它与平面铣的切削参数表基本上相近，只有小部分选项有所不同。如增加了延伸刀轨、空间范围、容错加工、底切处理、裁剪由以及部件地面余量、参考刀具选项。

“型腔铣”的切削参数主要有“连接”“空间范围”“策略”“余量”“拐角”和“更多”6

个选项卡，其中“连接”“余量”和“拐角”与平面铣工序中的切削参数基本一致。下面只重点介绍与平面铣工序中的切削参数不同的选项。



图 4-18 “切削参数”对话框

1．刀轨延伸

“延伸刀轨”是“策略”选项卡下的选项组，它只有“在边上延伸”选项，该选项用于设置刀轨在边上延伸，可以通过设置具体的延伸距离，也可以通过刀具的百分比来设置。

2．部件底面余量和部件侧面余量

“部件底面余量”和“部件底面余量”为“余量”选项卡下的选项。

（1）部件底面余量

“部件底面余量”是指底面剩余的部件材料厚度，该余量是沿刀具轴（竖直）测量的。该选项所应用的部件表面必须满足以下条件：已定义了切削层、表面为平面、表面垂直于刀具轴（曲面法向矢量平行于刀具轴）。

（2）部件侧面余量

“部件侧面余量”是指壁面剩余的部件材料厚度，该余量是在每个切削层上沿垂直于刀具轴的方向（水平）测量的。它可以应用在所有能够进行水平测量的部件表面上（平面、非平面、竖直、倾斜等）。

这两个参数取代了“部件余量”参数，“部件余量”参数只允许用户为所有部件表面指定单一的余量值。

如图 4-19 所示为部件底面余量和部件侧面余量示意图，可以看到加工后零件表面的余量是不均匀的。底面的余量较小而侧面余量较大。

这两个选项替代了平面铣中零件余量选项，而零件余量选项允许在所有的零件面上指定一个余量值。并且，这两个选项都可以使用负值。

如果使用精加工刀轨选项，又有精加工余量的设置，零件余量减去精加工余量即为精加工刀轨所切削的余量。使用部件底面余量与侧面余量不同，通常在部件的底面与侧面具有不同的精度要求，如对底面没要求时，做粗加工时可以将部件底面余量设置 0，而侧面留一定

的余量，这样可将底面直接加工到位。

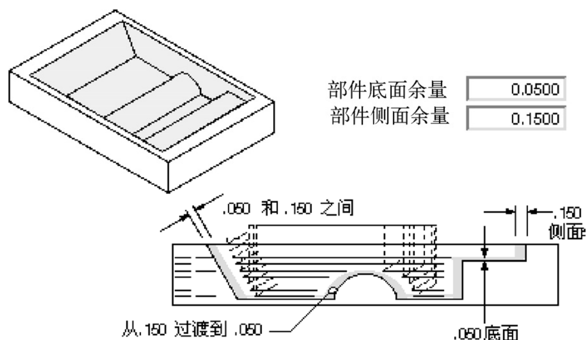


图 4-19 部件余量

3．容错加工

“容错加工”为“更多”选项卡下的选项。“容错加工”是特定于“型腔铣”的一个切削参数，可准确寻找不过切零件的可加工区域。在大多数切削操作中，该选项处于激活状态。激活该选项时，材料边仅与刀轴矢量有关，表面的刀具位置属性不管如何指定，系统总是设置为“相切于”。由于此时不使用表面的材料边属性，因此，当选择曲线时，刀具将位于曲线上，当不选择顶面时，刀具就位于垂直壁的边缘上。

4．修剪方式

“修剪方式”为“空间范围”选项卡下的选项。当没有定义毛坯几何时，“修剪方式”下拉列表指定用型芯外形边缘或外形轮廓作为定义毛坯几何的边界。该选项必须与错容加工选项配合使用，设置方法为先单击“空间范围”选项卡，如图 4-20 所示。



图 4-20 “切削参数”对话框

“修剪方式”下拉列表中有以下两个选项。

1）无：不使用修剪。

2）轮廓线：当错容加工选项被激活时，轮廓线选项才有效。它使用零件几何体（可以是实体）的外形轮廓（沿刀具轴方向投影）定义零件几何体。可以认为在每一切削层中，外形轮廓作为毛坯几何体（其材料侧也为 Inside），而以切削层平面与零件的交线作为零件几何体（其材料侧也为 Inside）。

3）外部边：当错容加工选项被激活时，外部边选项才有效。它使用面、片体或者曲面区域特征的外部边界定义零件几何体。外部边界是不与其他边界邻接的边界，可以认为在每一切削层中，以外部边界作为毛坯几何体（其材料侧为 Inside），而以切削层平面与零件的交线作零件几何体（其材料侧也为 Inside）。

对某型芯零件加工，没有定义毛坯时，如果“修剪方式”选项设为“否”，将不能生成刀具路径，系统提示“没有在岛的周围定义要切削的材料”。而如果将“修剪由”选项设置为“轮廓线”或者“外部边”则可以生成刀具路径。

5．底切

“底切”为“更多”选项卡下的选项。在“型腔铣”对话框中，底切处理可允许系统在生成刀轨时考虑底切几何体，以此来防止刀夹摩擦到部件几何体。“允许底切”只能应用在非容错加工中（即将“容错加工”按钮切换为“关”）。

激活该选项，系统将对刀夹应用完整的“水平间隙”，但如果“水平间隙”大于刀具半径，则会应用刀具半径。当刀夹位于底切之上且距离与刀具半径相等时，随着刀具更深地切过切削层，刀具将逐渐从底切处移走。当刀夹接触到底切时将应用完整的“水平间隙”，如图 4-21 所示。

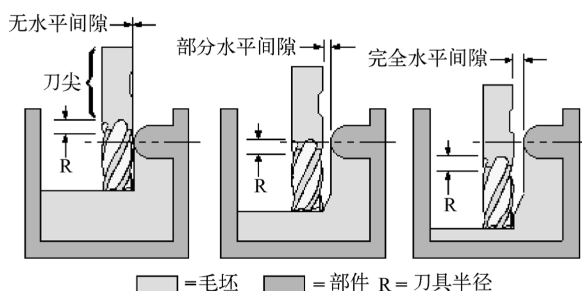


图 4-21　底切处理

激活该选项后，处理时间将增加。如果没有明确的底切区域存在，请关闭该功能以减少处理时间。关闭“允许底切”后，系统将不会考虑底切几何体。这将允许在处理竖直壁面时使用更加宽松的公差。在“加工”中导入要处理的几何体时，关闭此选项有助于补偿由于搬运或模型不够干净所带来的问题。

6．处理中的工件

“处理中的工件”为“空间范围”选项卡下的选项。处理中的工件（IPW）是型腔铣操作中指定保留剩余材料的切削参数，可以使用上一个操作加工后形成的 IPW 作为下一个操作的毛坯，同时还可以生成下一个操作利用的新的 IPW，处理中的工件有“无”“使用 3D”“使用基于层的”等 3 个选项，如图 4-22 所示。



图 4-22　“切削参数”对话框

“处理中的工件”选项的详细解释如下。

无：使用毛坯几何定义的毛坯作为此操作的毛坯。

使用 3D：使用上一个操作加工后形成的“小平面体”作为下一个操作的毛坯。

使用基于层的：使用上一个操作加工刀轨作为下一个操作的毛坯。



（1）“使用 3D”选项

使用小平面几何体来表示剩余材料。选中此选项后“毛坯几何体”图标将被替换为“IPW”图标。毛坯几何体部分中有关于此选项的解释。也可以连同参考刀具一起使用“工序模型”以清除弯角。

使用 IPW 优点：

1）使用“IPW”作为“型腔铣”操作中的毛坯几何体，可根据真实工件的当前状态来加工某个区域，这将避免再次切削已经切削过的区域。

2）可在后续的型腔铣/Z 级操作中打开此选项，以便创建和使用 IPW。

3）可在操作对话框中显示前一个“工序模型”和生成的“工序模型”。

在“型腔铣”工序中使用“IPW”需按照以下 3 个步骤进行操作：

1）在此操作的“几何体组”序列中，创建或选择一个“毛坯几何体”来定义初始工件。

2）单击“切削参数”对话框中的“空间范围”选项卡，在“处理中的工件”下拉列表框中选择“使用 3D”。

3）适当地设置最小移除材料值。

使用和显示“IPW”需要占用大量的内存来创建小平面体表示。为减少所占用的内存和重复使用小平面体，可以选择菜单“首选项”→“加工”命令，系统弹出如图 4-23 所示的“加工首选项”对话框，单击“几何体”选项卡，选中“保存 IPW 模型”复选框，设置为将每步操作中的“IPW”保存在单独的（组件）部件文件中。此后，当需要使用“IPW”时，系统将在装配中创建一个包含该“IPW”的小平面体表示的组件部件。这样可以节省内存，因为小平面模型在使用后不会继续驻留在内存中，而且只要操作处于最新状态，便可以重复使用小平面模型。

生成操作的“IPW”将连同刀轨一起保存在工作部件文件中。只有在需要使用“IPW”的小平面体表示时，才会创建（或重新创建）该表示并保存在组件部件文件中。通常这种情况出现在创建需要输入“IPW”的下一步操作时。“IPW”的小平面体表示可以生成非常大的组件部件文件，因此应该在处理完成后删除这些部件。用于查找组件部件的搜索路径是在预设置选项中定义的，而不是常规装配搜索选项。

（2）“使用基于层的”选项

使用先前“型腔铣”和/或 Z 级操作中的刀轨来识别和加工剩余材料，这些先前的操作被称作参考操作。“使用基于层的”仅限于“型腔铣”或 Z 级铣削操作，并且使用与先前操作相同的刀具轴。余料铣削和参考操作必须属于同一几何体组。

“使用基于层的”有以下优点：

1）“使用基于层的”可以高效地切削先前操作中留下的弯角和阶梯面。

2）加工简单部件时，刀轨处理时间较三维 IPW 显著减少，加工大型的复杂部件时，所需时间更是大大减少。

3）用户可以在一步操作中使用较大的刀具完成较深的切削，然后在后续操作中使用同一刀具完成深度很浅的切削以清除阶梯面。

4）刀轨相比使用“三维 IPW”选项而言更加规则。

用户可以将多个粗加工操作合并在一起，以便对给定的型腔进行粗加工和余料铣削，从而使加工过程进一步自动化。

7．碰撞检查

单击“切削参数”对话框中的“空间范围”选项卡，如图 4-24 所示。“碰撞检查”有“检查刀具和夹持器”“IPW 碰撞检查”和“小于最小值时抑制刀轨”等 3 个选项。



图 4-23 “加工首选项”对话框



图 4-24 “切削参数”对话框

“检查刀具和夹持器”有助于避免刀柄与工件的碰撞，并在操作中选择尽可能短的刀具。如果希望使用刀柄来包含刀轨，则选中“检查刀具和夹持器”和“IPW 碰撞检查”复选框，系统将首先检查刀柄是否会与 IPW、毛坯几何体、部件几何体或检查几何体发生碰撞。系统使用刀柄形状加最小间隙值来保证与几何体的安全距离，任何将导致碰撞的区域都将从切削区域中排除，因此得到的刀轨在切削材料时不会发生刀轨碰撞的情况。需排除的材料在每完成一个切削层后都将被更新，以最大限度地增加可切削区域。同时，由于上层材料已切除，使得刀柄在工件底层的活动空间越来越大，必须在后续操作中使用更长的刀具来切削排除的（碰撞）区域。

“小于最小值时抑制刀轨”用来控制刀轨清除材料的最小厚度。勾选此复选框时，系统将要求输入一个“最小体积百分比”数值。在切削的过程中，若切削材料小于该数值，刀具轨迹将被抑制，不再切削该区域。

一个有效的方法便是使用“型腔铣”工序，在该序列中使用逐渐增长的刀具、刀柄检查功能和 IPW，即可允许用户使用最短的刀具来加工大部分材料，较长的刀具只加工剩余的材料。为避免某些刀轨只切削掉非常少的材料，还可以设置最小切除材料量，可以设置“最小体积百分比”值定义当前操作切除剩余材料的多少。

8．参考刀具

当用户希望在拐角处加工上一个刀具错过的剩余材料时，可是使用“参考刀具”，如图

4-25 所示。

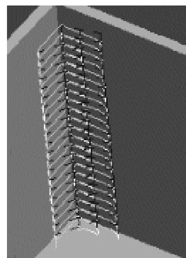


图 4-25 参考刀具

剩余材料可能是由于刀具的拐角半径而遗留在壁和底面之间的材料，也可能是由于刀具直径而遗留在壁之间的材料。此切削类似于其他的“型腔铣”操作，但是它仅限于在拐角区域操作。参考刀具通常是用来先对区域进行粗加工的刀具，系统计算指定的参考刀具剩下的材料，然后为当前操作定义切削区域。

提示：必须选择一个直径大于当前使用中的刀具直径的刀具。

单击“切削参数”对话框中的“空间范围”选项卡，在“参考刀具”下拉列表框中选择一把刀具；也可以单击“新建”按钮，系统弹出如图 4-26 所示的“新参考刀具”对话框，新建一把参考刀具；或在“参考刀具”下拉列表框中选择一把刀具，然后单击“编辑/显示”按钮，可以编辑所选的参考刀具。

当选择好参考刀具后，系统激活“重叠距离”文本框，“重叠距离”能够沿着相切曲面延伸由“参考刀具直径”定义的区域宽度，如图 4-27 所示。

9．陡峭

“陡峭”用来控制切削陡峭斜壁最小角度。若选择了参考刀具，则系统将自动激活“陡峭”选项。当“陡峭空间范围”下拉列表框中选择“仅陡峭的”时，“角度”文本框将被激活。可以通过指定陡峭角度进一步将切削区域限制在陡峭角部分。如果指定了陡峭角，则系统仅切削指定的陡峭角所包含的壁之间的陡峭区域。用户也可以通过指定重叠距离来延伸切削区域。如果指定了重叠距离，则系统沿着指定距离的相切方向在壁之间的拐角区域上延伸刀轨。



图 4-26 “新参考刀具”对话框

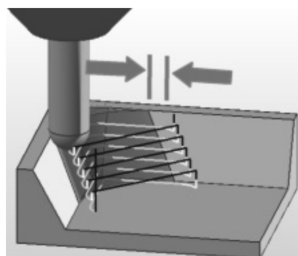


图 4-27 重叠距离

10．小面积避让

“小面积避让”为“空间范围”选项卡下的选项。该参数用来控制在切削过程中，遇到封

闭的小切削区域时的刀具轨迹，有“切削”和“忽略”两个选项。当选择“切削”时，系统将在切削过程中碰到封闭的小的切削区域时形成切削的刀轨；当选择“忽略”时，系统将在切削过程中碰到封闭的小的切削区域时忽略该封闭的小切削区域，选择该选项时，系统将要求输入一个“面积”数值，在封闭的小切削区域的面积值小于该数值时，刀具将不切削该区域。

4.4 深度加工轮廓铣

深度加工轮廓铣以前的版本称为等高轮廓轮廓铣，是一个固定轴铣削模块，主要是对多个切削层中的实体/面建模的部件进行轮廓铣。深度加工轮廓铣操作是型腔铣的特例，经常应用到陡峭曲面的精加工和半精加工，相对于型腔铣的“轮廓加工”方式，

4.4.1 深度加工轮廓铣的特点及应用

深度加工轮廓铣是一种特殊的“型腔铣”操作，因此也是三轴加工，和型腔铣一样，通过切削多个切削层加工零件实体轮廓与表面轮廓。在创建深度加工轮廓铣刀具路径期间，系统将追踪部件几何、检测部件几何的陡峭区域、定制追踪的形状、识别可加工的切削区域，并在所有切削层上不过切零件切削这些区域。深度加工轮廓铣能够制定陡峭角度，把陡峭区与非陡峭区分开，分别加工陡峭和非陡峭区域；通过指定切削区域可以方便地实现对零件部分表面在等高加工；深度加工轮廓铣可以不需要毛坯几何体，因为没有毛坯几何，在做动态刀轨验证的时候，可以通过“临时毛坯”对话框临时指定验证刀轨所需要的毛坯几何。深度加工轮廓铣非常适合于精加工，在同一切削区域可以维持刀具在切削过程中始终与工件接触，进刀和退刀参数大大简化，许多切削参数也被取消，没有内部进退刀，这一点特别适合高速铣。

注意：*在创建深度加工轮廓铣操作时没有毛坯几何体选项。*

4.4.2 创建深度加工轮廓铣操作

单击“刀片”工具条上的“创建工序”按钮，系统弹出如图 4-3 所示的“创建工序”对话框。在“工序子类型”选项中选择“深度加工轮廓铣”，再选择相应的“程序”“刀具”“几何体”和“方法”等父节点，输入名称，单击“确定”按钮，系统弹出如图 4-28 所示的“深度加工轮廓”对话框。在该对话框中定义如下选项：选择加工几何、选择切削方法、选择步距、选择控制点、设置非切削参数、设置切削参数、确定分层加工方法及其参数、设置进给和速度、生成刀轨并验证刀轨。



图 4-28 “深度加工轮廓”对话框

4.4.3 深度加工轮廓铣的几何体

深度加工轮廓铣的几何体与固定轴轮廓铣中的区域铣削

中的几何体相同，主要有一些几种类型：

1）部件几何体：用于指定、编辑和显示加工完成后的零件，即最终的零件形状。它控制刀具 切削深度和活动范围，可以选择特征、几何体（实体、面、曲线）和小面模型来定义零件几何体。

2）检查几何体：刀具在切削过程中要避让的几何体，如夹具、钳具和其他已加工过的重要表面。

3）切削区域几何体：指部件几何体上要加工的区域，它可以是零件几何的一部分，也可以是整个零件几何。用户可以选择部件上特定的面来包含切削区域，而不需要选择整个实体，这样有助于省去裁剪边界这一操作。

4）修剪边界几何体：用于进一步控制刀具的运动范围，对生成的刀轨做进一步修剪。裁剪边界可以指定将在各个切削层上进一步约束切削区域的边界。

4.4.4 深度加工轮廓铣重要参数设置

1. 陡峭角度

陡峭角度是深度加工轮廓铣区别于其他型腔铣的一个关键参数。零件上任何一点的陡峭度是由刀轴与零件表面法向间的夹角来定义的，陡峭区域是指零件上陡峭度大于等于指定陡峭度的区域。

陡峭角度参数限定被加工区域的陡峭程度，而非陡峭面采用另外的加工方式，两者结合，达到对工件完整光顺精加工的目的。参数设定如图 4-29 所示。如图 4-29 所示为“陡峭空间范围”设置选项。当“陡峭空间范围”设置为“无”，整个零件轮廓将被加工；当“陡峭空间范围”设置为“仅陡峭的”，只有陡峭度大于指定陡峭角度的区域被加工，非陡峭区域不加工，这时，其后的文本框将激活，在其中输入角度值，则由该角度把切削区域分成陡峭区域与非陡峭区域，而且只有陡峭区域被切削，非陡峭区域将不被切削。当关闭陡角选项时，则定义的切削区域都被切削，如图 4-30 所示。



图 4-29 “深度加工轮廓”对话框

2. 合并距离

“合并距离”能够通过连接不连贯的切削运动来消除刀轨中小的不连续性或不希望出现的缝隙。这些不连续性发生在刀具从“工件”表面退刀的位置，有时是由表面间的缝隙引起的，或者当工件表面的陡峭度与指定的“角度”非常接近时由工件表面陡峭度的微小变化引起的。输入的值决定了连接切削移动的端点时刀具要跨过的距离。

3. 最小切削长度

“最小切削长度”选项用于输入生成刀具路径的最小段长度值。指定合适的最小切削长度，可消除零件岛屿区域内的刀具路径，因为切削运动距离比指定的最小长度值小，系统不会在该处创建刀具轨迹。

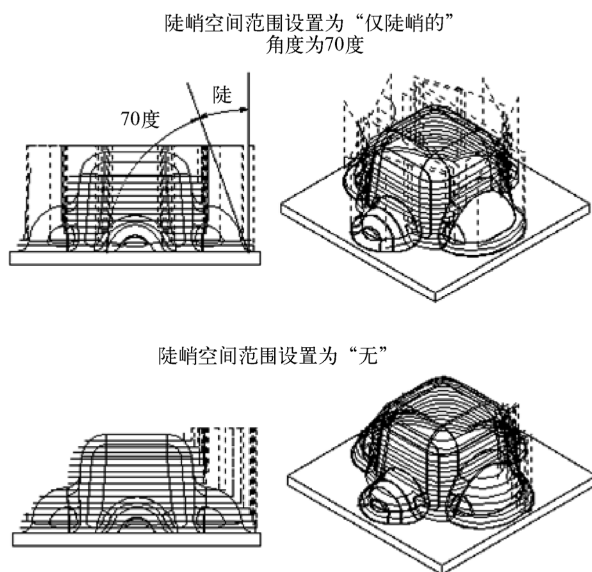


图 4-30　陡峭角度

4.4.5 深度加工轮廓铣的切削参数

单击“深度加工轮廓”工序对话框中“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 4-31 所示的“切削参数”对话框，在该对话框中设置各项参数。

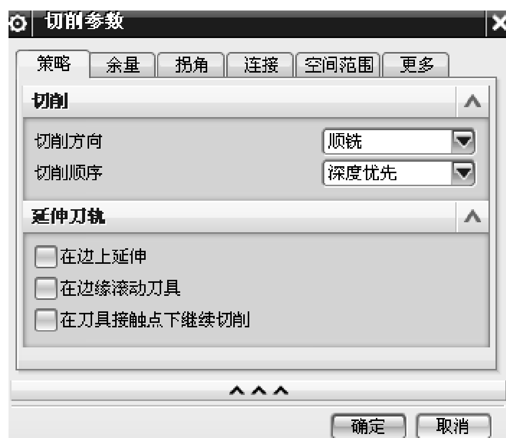


图 4-31　“切削参数”对话框

1．切削顺序

“深度加工轮廓”与按切削区域排列切削轨迹的“型腔铣”不同，它是按形状排列切削轨迹的。用户可以按“深度优先”对形状执行轮廓铣，也可以按“层优先”对形状执行轮廓铣。在前者中，每个形状（例如岛）是在开始对下一个形状执行轮廓铣之前完成轮廓铣的；在后者中，所有形状都是在特定层中执行轮廓铣的，之后切削下一层中的各个形状，如图 4-32 所示。

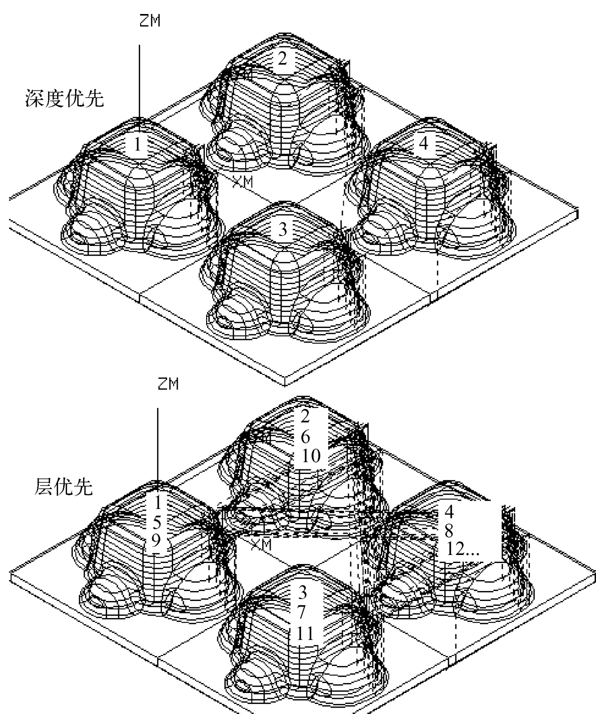


图 4-32 切削顺序

2．切削方向

“切削方向”选项有“顺铣”“逆铣”和“混合”，其中“顺铣”和“逆铣”在本书的前面已有讲解。混合切削模式是指当每层的刀轨没有封闭时，单向切削模式会产生许多提刀，采用混合切削模式避免提刀，可以提高加工效率，使刀轨更为美观。

3．在边上延伸

用于避免刀具切削外部边缘时停留在边缘处。选中该复选框，刀具路径从零件几何上抬起一个小距离，并延伸出一段长度，就直接将刀具移动到切削区域的另一侧，从而避免退刀、跨越与进刀等非切削刀具运动，选中该复选框时，可以用刀具直径的百分比或者直接指定值来指定刀具路径边上的延伸长度，如图 3-33 所示。

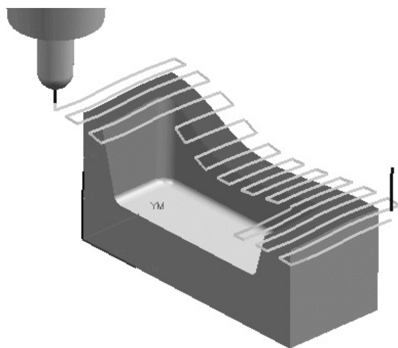


图 4-33 在边上延伸

4．在边缘滚动刀具

在边缘滚动刀具的边缘轨迹通常是在驱动路径超出零件几何边缘时所发生的不利情况，因为刀具边缘向下滚过时，可能造成过切。是否选中“在边缘滚动刀具”复选框可以控制边缘刀具轨迹的出现。

5．使用 2D 工件

使用 2D 工件在“深度加工轮廓”中的功能与在“固定和可变轮廓铣”中的功能相似。如图 4-34 所示是一个“使用 2D 工件”的示例，在图中，由于刀具不够长而无法切削整个部件，并且刀柄会与部件碰撞。因此，必须使用更长的刀具来切削剩余材料。

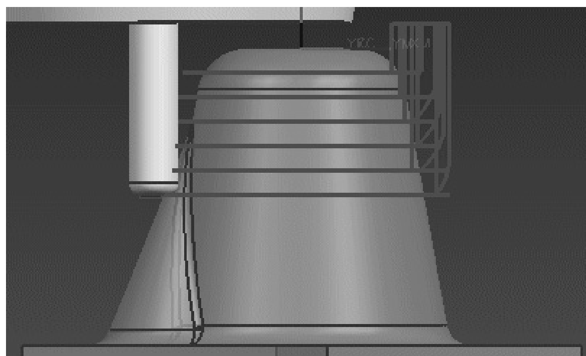


图 4-34　使用 2D 工件

6．层到层

“层到层”是“深度加工轮廓”一个特定的切削参数。使用“层到层”可确定刀具从一层到下一层的放置方式，它可切削所有的层而无须抬刀至安全平面，有“使用转移方法”“直接对部件进刀”“沿部件斜进刀”和“沿部件交叉斜进刀”等 4 个选项，如图 4-35 所示。

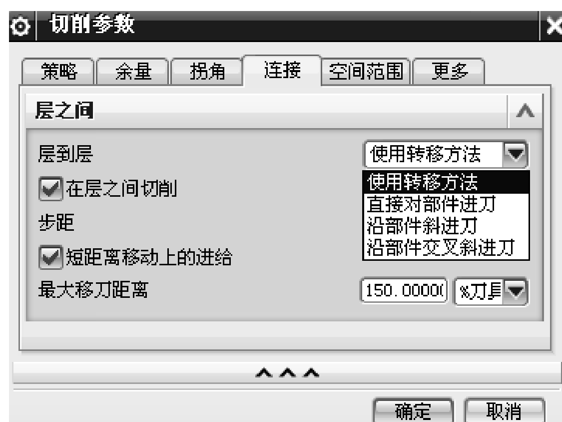


图 4-35　“切削参数”对话框

1）使用转换方法：将使用在“进刀/退刀”对话框中所指定的任何信息。如图 4-36 所示，刀具在完成每个刀轨后都抬刀至安全平面。

2）直接对部件进刀：决定刀具从一个切削层进入下一个切削层的运动像一个普通的步

距一样，消除了不必要的内部进刀，如图 4-37 所示。

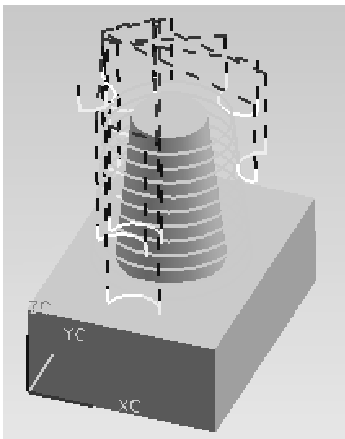


图 4-36　转移方法

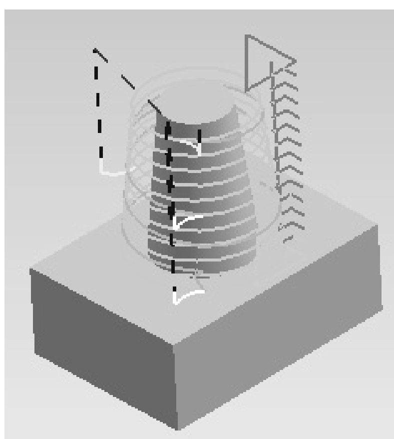


图 4-37　直接对部件进刀

3）沿部件斜进刀：决定了刀具从一个切削层进入下一个切削层的运动是一个斜式运动，消除了不必要的内部进刀，特别适合于高速加工，如图 4-38 所示。

4）沿部件交叉斜进刀：决定了刀具从一个切削层进入下一个切削层的运动是一个斜式运动，且所有斜式运动首尾相接。消除了不必要的内部退刀，特别适合于高速加工，如图 4-39 所示。

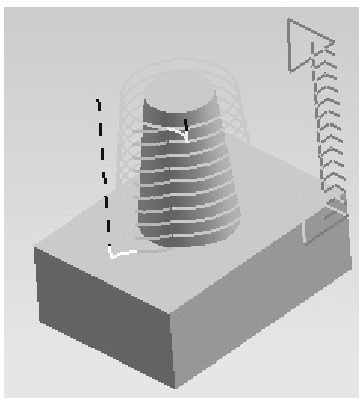


图 4-38　沿部件斜进刀

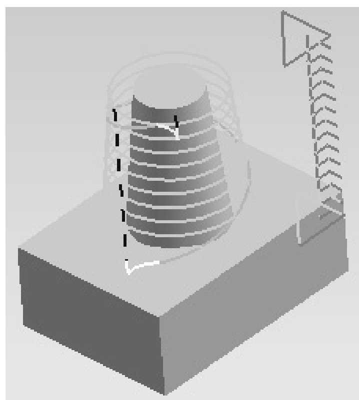


图 4-39　沿部件交叉斜进刀

注意：如果用户加工的是开放区域，并将切削方向设置为“混合的”，则在“层到层”下拉菜单中的最后两个选项（“沿部件斜进刀”和“沿部件交叉斜进刀”）都将变灰，此时这两项无效。

7．在层之间切削

在层之间切削设定层间切削的步距和最大移动距离，可以实现在进行深度轮廓加工时，对非陡峭面进行均匀加工，可在加工中的切削层间存在的间隙时创建额外的切削，这对精加工非常有用。参数设定如图 4-40 所示。“在层之间切削”的选项包括“步距”和“短距离移

动上的进给”。

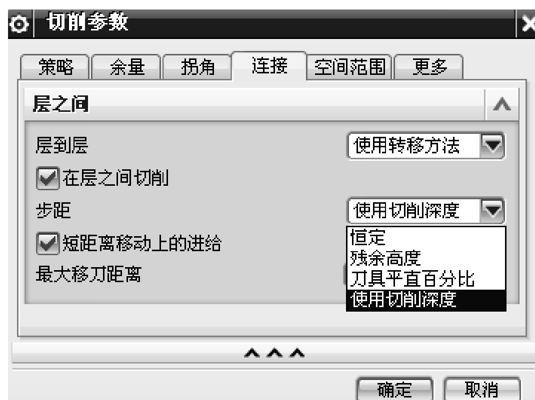


图 4-40 “切削参数”对话框

（1）步距

步距是指加工间隙区域时所使用的步距，“步距”下拉式列表框中有 4 个选项：“恒定”“残余高度”“刀具平直百分比”和“使用切削深度”。其中“恒定”“残余高度”和“刀具平直百分比”参照本章的“型腔铣”部分的内容。“使用切削深度”选项是默认值，由于每个切削层范围可以有不同的切削深度，因此如果指定了“使用切削深度”，则该深度所在的范围可确定该间隙区域的步距。

（2）短距离移动上的进给

当选中“短距离移动上的进给”前的复选框时，系统将激活“最大移刀距离”。“最大移刀距离”指定不切削时希望刀具沿工件进给的最长距离。当系统需要连接不同的切削区域时，如果这些区域之间的距离小于设置值，则刀具将沿工件进给；如果大于设置值，则系统将使用当前转移方式来退刀、移刀并进刀至下一位置。

4.5　型腔铣加工实例

衣架是人们必备的生活用品，大多数都是塑料做的，用模具一次成型。衣架模具型腔如图 4-41 所示。

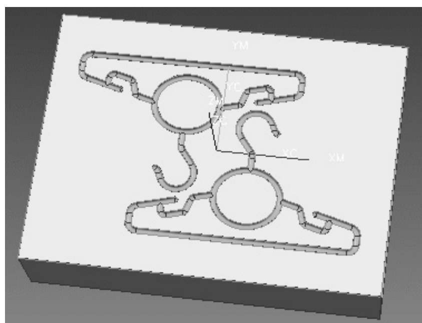


图 4-41　衣架模具型腔

4.5.1 加工工艺分析

衣架模具型腔的结构较为简单，没有很小的狭缝等难加工区域，使用大小合适的刀具可以将其全部加工到位。分析该模具的型腔结构可以看出，没有陡峭面，各表面间连接也比较好。

衣架主要是用来挂衣服，不存在与其他零件配合的问题，尺寸精度要求不高，表面也不需要太光滑，表面质量要求也不是很高。该模具是一腔两模，模具比较大，但是型腔较小，所以先粗加工，再半精加工，最后精加工。半精加工和精加工都采用型腔铣，只不过采用不同的加工方式，主要是因为模具精度要求不高，曲面较小且多，所以没有必要采用固定轴曲面轮廓铣，因为采用固定轴曲面轮廓铣选择驱动几何体很烦琐。半精加工和精加工都选用R3 的球头铣刀。

加工坐标原点如下。

- X：模具毛坯的中心；
- Y：模具毛坯的中心；
- Z：模具毛坯的上表面及模型的最高点。

坐标系设定在 G54。

加工过程不用换刀，很多数控编程的技术员习惯于粗精加工用不同的刀具，在加工衣架模具型腔时没有必要，用 R3 的球头铣刀可以做到，这样可以减少换刀时间，提高加工效率。在 NX 8.5 设置有关参数时要注意结合加工工艺实际。

4.5.2 加工方案

具体的加工方案如下所示。

- 粗加工：R3 的球头铣刀，分层铣削，加工余量为 0.15 mm。
- 半精加工：R3 的球头铣刀，沿轮廓等高铣削，加工余量为 0.05 mm。
- 精加工：R3 的球头铣刀，沿轮廓等高铣削。

具体的加工工艺方案如表 4-2 所示。

表 4-2 加工工艺方案表

序号	方法	程序名	刀具名称	刀具直径/mm	R 角/mm	余量/mm
1	粗加工	CAV_ROU	D6_R3	6	3	0.15
2	半精加工	CAV_SEMI_FIN	D6_R3	6	3	0.05
3	精加工	CAV_FIN	D6_R3	6	3	0

4.5.3 打开文件并进入加工环境

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开”对话框，选择本书光盘中的 “X：/ 4 / 4_1.prt”文件，单击“OK”按钮。

进入加工环境，选择菜单“开始”→“加工”命令，系统弹出如图 4-42 所示的“加工环境”对话框，“CAM 会话配置”列表中选择“cam_general”，“要创建的 CAM 设置”列表

选择“mill_contour”，单击“确定”按钮，即可进入加工环境。



图 4-42 “加工环境”对话框

4.5.4 创建粗加工工序

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”图标，弹出如图 4-43 所示的“创建工序”对话框，按图 4-43 设置各选项。



图 4-43 “创建工序”对话框

- “类型”的下拉列表中选择“mill_contour”;
- “工序子类型”选项选择第 1 行第 1 个图标 ；
- “程序”的下拉列表中选择“PROGRAM”;
- “几何体”的下拉列表中选择“WORKPIECE”;
- “刀具”的下拉列表中选择“NONE”;
- “方法”的下拉列表中选择“MILL_ROUGH”;
- “名称”文本框中输入“CAV_ROU”。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 4-44 所示的“型腔铣”对话框。

2．创建刀具

选择“工具”选项组，将“工具”选项展开，然后单击“刀具”后的“新建”按钮，系统弹出如图 4-45 所示的“新建刀具”对话框。按如图 4-45 所示设置各选项。



图 4-44 “型腔铣”对话框



图 4-45 “新建刀具”对话框

- 在刀具“类型”选项中选择“mill_contour”;
- “刀具子类型”选择铣刀;
- “名称”文本框中输入“D6_R3”。

单击“确定”按钮，弹出如图 4-46 所示的“铣刀-5 参数”对话框。这时可以设置刀具形式参数，系统默认新建铣刀为 5 参数铣刀，“直径”文本框中输入 6，“下半径”文本框中输入 3，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

3．确定几何体

（1）选取部件几何体

在如图 4-44 所示的“型腔铣”对话框中，单击“指定部件”后的“选择或编辑部件几何体”按钮，系统弹出如图 4-47 所示的“部件几何体”对话框。选取如图 4-48 所示的实体模型，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。



图 4-46 “铣刀-5 参数”对话框



图 4-47 “部件几何体”对话框

（2）选取毛坯几何体

在如图 4-44 所示的“型腔铣”对话框中，单击“指定毛坯”后的“选择或编辑毛坯几何体”按钮，系统弹出如图 4-49 所示的“毛坯几何体”对话框。通过图层设置，设置第 1 层为可选层（毛坯实体放置在第 1 层，图层设置内容可参照本书的第 1 章），选取底 1 层中的实体。单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

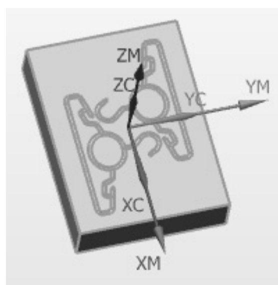


图 4-48 选取的实体



图 4-49 “毛坯几何体”对话框

4．设置“刀轨设置”

在“型腔铣”对话框中，单击“刀轨设置”，将“刀轨设置”选项组展开，按图 4-50 所示设置各项参数和选项。

- 在“切削模式”下拉列表中选择“跟随工件”；
- 在“步距”下拉列表中选择“恒定”；
- 在“最大距离”文本框中输入 1；

- 在“每刀的公共深度”下拉列表中选择“恒定”；
- 在“最大距离”文本框中输入 0.5。

5．设置切削参数

在如图 4-44 所示的“型腔铣”对话框中，单击“刀轨设置”选项组下“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 4-51 所示的“切削参数”对话框。



图 4-50　刀轨设置



图 4-51　“切削参数”对话框 1

1）单击“策略”选项卡，按如图 4-51 所示设置各项参数：

- 设置“切削顺序”为“层优先”；
- “切削方向”为“顺铣”切削；
- “在边上延伸”为 0；
- “毛坯距离”为 0。

2）单击“余量”选项卡，按如图 4-52 所示设置各项参数：

- 激活“使底面余量与侧面余量一致”，使用与侧面一样的底面余量；
- “部件侧面余量”为 0.15；
- 其他选项依照默认值设定。

3）单击“连接”选项卡，按如图 4-53 所示设置各项参数：

- “区域排序”为“优化”；
- “开放刀路”为“保持切削方向”。

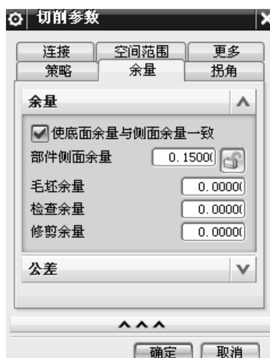


图 4-52　“切削参数”对话框 2



图 4-53　“切削参数”对话栏 3

4）单击“更多”选项卡，按如图 4-54 所示设置各项参数：

- 激活“边界逼近”；
- 激活“容错加工”；
- 激活“区域连接”。

“切削参数”对话框中的其他选项不需要设置，在本实例中采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

6．设置非切削参数

在“型腔铣”工序对话框中，单击“刀轨设置”选项组下“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 4-55 所示的“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削移动参数。



图 4-54 “切削参数”对话框 3



图 4-55 “非切削移动”对话框 1

（1）设置进刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，如图 4-55 所示。对话框上部为“封闭区域”进刀方式，下部为开放区域进刀方式，按图 4-55 所示设定各参数。

- “进刀类型”下拉列表框中选择“螺旋”；
- “直径”文本框中输入 200，后面选择“%刀具”；
- “斜坡角”文本框中输入 20；
- “最小斜面长度”文本框中输入 0，单位选择“mm”；
- 其他参数采用默认值。

（2）设置退刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡，如图 4-56 所示：

- “退刀类型”下拉列表框中选择“圆弧”；
- “半径”文本框中输入 7，单位选择“mm”；
- 其他参数采用默认值。

（3）设置重叠距离

在“非切削移动”对话框中，单击“起点/钻点”选项卡，在“重叠距离”文本框中输入 5，其他参数采用默认值。

（4）设置安全平面

在“非切削移动”对话框中，单击“转移/快速”选项卡，如图 4-57 所示。“安全设置选项”下拉列表中选择“平面”，然后单击“指定平面”后的“平面对话框”按钮，系统弹出如图 4-58 所示的“平面”对话框。选取零件模型的上表面，然后在“距离”文本框中输入 5，单击“确定”按钮，系统返回到“非切削移动”对话框中。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。



图 4-56 “非切削移动”对话框 2



图 4-57 “非切削移动”对话框 3

7．设置进给和速度

在“型腔铣”工序对话框中，单击“刀轨设置”选项组下“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出如图 4-59 所示的“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。



图 4-58 “平面”对话框



图 4-59 “进给率和速度”对话框

在“主轴速度”文本框中输入 2000，单击“主轴速度”选项组下的“更多”选项组，将“主轴速度”选项组下的“更多”选项组展开，“输出模式”下拉列表框中选择“RPM”，“方向”下拉列表框中选择“顺时针”。

“切削”文本框中输入 800；单击“更多”按钮，将“进给率”展开，然后分别在“逼近”“进刀“第一刀切削”“步距”“移刀”和“退刀”文本框中输入 400，单位选择“mmpm”，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

8．设置机床参数

在“型腔铣”对话框中，单击“机床控制”选项，将“机床控制”选项组展开，如图 4-60 所示。

（1）设置开始刀轨事件

单击如图 4-60 所示的“型腔铣”对话框中的“开始刀轨事件”后的“编辑”按钮，系统弹出如图 4-61 所示的“用户定义事件”对话框。在“可用事件”列表框中选择“Coolant On”，单击下方的“添加新事件”按钮，系统弹出如图 4-62 所示的“冷却液开”对话框。“状态”下拉列表中选择“活动的”，“类型”下拉列表中选择“开”，然后单击“确定”按钮，系统返回到“用户定义事件”对话框，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。



图 4-60 “型腔铣”对话框



图 4-61 “用户定义事件”对话框

（2）设置结束刀轨事件

单击如图 4-60 所示的“型腔铣”对话框中的“结束刀轨事件”后的“编辑”按钮，系统弹出如图 4-61 所示的“用户定义事件”对话框。在“可用事件”列表框中选择“Coolant Off”，单击下方的“添加新事件”按钮，系统弹出如图 4-63 所示的“冷却液关”对话框。“状态”下拉列表中选择“活动的”，然后单击“确定”按钮，系统返回到“用户定义事件”对话框；在“可用事件”列表框中选择“Spindle Off”，单击下方的“添加新事件”按钮，系统弹出如图 4-64 所示的“Spindle Off”对话框。“状态”下拉列表中选择“活动的”，然后单击“确定”按钮，系统返回到“用户定义事件”对话框。单击“确定”按

钮，系统返回到“型腔铣”对话框。



图 4-62 “冷却液开”对话框



图 4-63 “冷却液关”对话框

9. 开始生成刀具轨迹

完成了“型腔铣”工序对话框中所有项目的设置后，单击“操作”选项中的“生成”按钮，生成的刀具路径，如图 4-65 所示。



图 4-64 “Spindle Off”对话框

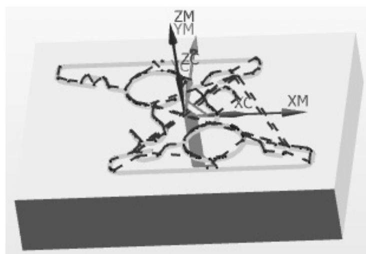


图 4-65 粗加工刀具路径

10. 检视、接受刀具路径

在完成上述各步骤设置后，系统产生型腔铣操作的刀具路径，在图形区进行旋转、平移、放大视图，再单击“重播”按钮重新显示路径，用户可以从不同角度对刀具路径进行查看，以判断其路径是否合理。当确认生成的刀具路径是合理的以后，在“型腔铣”对话框中单击“确定”按钮，接受刀具路径，关闭“型腔铣”对话框。

4.5.5 创建半精加工

1. 复制刀具路径

在程序顺序视图导航器中，选择前面创建的粗加工刀具路径 CAV_ROU，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，如图 4-66 所示，复制刀具路径 CAV_ROU。



图 4-66 复制粗加工刀具路径

2. 粘贴刀具路径

在程序顺序视图导航器中，选择前面创建的粗加工刀具路径 CAV_ROU，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“粘贴”命令，如图 4-67 所示。在刀具路径 CAV_ROU 下将生成新的刀具路径 CAV_ROU_COPY，新的刀具路径名称前有禁止号⊘，表示该路径需要重新生成，如图 4-68 所示。



图 4-67　粘贴粗加工刀具路径



图 4-68　粘贴的刀具路径

3. 修改刀具路径的名称

修改刀具路径的名称方法有两种，一是双击刀具路径名称 CAV_ROU_COPY，刀具路径名称部分将出现方框，如图 4-69 所示；另一种是选择粘贴的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名” 命令，如图 4-70 所示，刀具路径名称部分将出现方框，如图 4-69 所示。输入新的刀具路径名称，在方框内输入新的刀具路径名称：CAV_SEMI_FIN，表示半精加工，如图 4-71 所示。



图 4-69　刀具路径的更名 1



图 4-70　刀具路径的更名 2

4. 编辑型腔铣工序

编辑刀具路径名称的方法有两种，一种是选择半精加工路径，快速双击左键；另一种是选择半精加工路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，如图 4-72 所示。两种方法都会进入“型腔铣”对话框，如图 4-73 所示。



图 4-71　修改名称后的刀具路径



图 4-72　编辑操作

（1）重新选择加工方法

在“刀轨设置”选项组中的“方法”下拉列表中选择“MILL_SEMI_FINISH”，如图 4-73

所示，表示为半精加工。

（2）重新选择切削模式和切削用量

在“型腔铣”工序对话框中，按图 4-74 所示进行用户参数设置。

- 切削模式：在“切削模式”的下拉列表中选择“轮廓加工”；
- 设定切削步距：“步距”选项下面的“最大距离”文本框中输入 0.5；
- 设定层铣深度：“每刀的公共深度”选项下的“最大距离”文本框中输入 0.2。



图 4-73 “型腔铣”对话框



图 4-74 “刀轨设置”对话框

（3）重新设置切削参数

在如图 4-73 所示的“型腔铣”对话框，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 4-75 所示的“切削参数”对话框。单击“余量”选项卡，改变加工余量：

- “部件侧面余量”为 0.05；
- 其他选项不改变。

本实例只需要改变加工余量，其余的各项参数不做任何改变，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”工序对话框。

5. 开始生成刀具轨迹

修改完半精加工路径后，单击“操作”选项中的“生成”按钮，生成的刀具路径如图 4-76 所示。



图 4-75 “切削参数”对话框

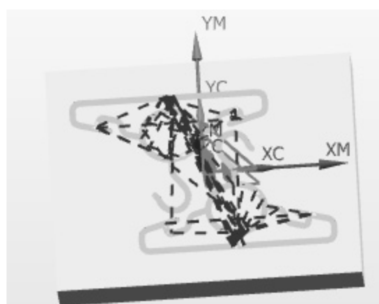


图 4-76 半精加工刀具路径

4.5.6 创建精加工

1）复制刀具路径。在程序顺序视图导航器视中选择半精加工加工刀具路径 CAV_SEMI_FIN，单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，复制刀具路径 CAV_SEMI_FIN。

2）粘贴刀具路径。方法与上述的方法一样，在这里不做详细介绍。

3）修改刀具路径的名称。方法与上述的方法一样，将刀具路径的名称 CAV_ SEMI_FIN 改为 CAV_FIN，表示精加工。

4）进入刀具路径编辑。方法与上述的方法一样。

5）重新选择加工方法。在“刀轨设置”选项中的“方法”下拉列表中选择“MILL_FINISH”。

6）重新选择切削模式和切削用量。在“型腔铣”工序对话框中，进行以下参数设置。

- 设定切削步距：设定“步距”为 0.2；
- 设定层铣深度：设定“最大距离”为 0.05。

7）重新设置切削参数。方法与上述的方法一样，在“型腔铣”工序对话框中，单击“切削参数”按钮进入切削参数设置。单击“余量”选项卡，改变加工余量：

- “部件侧面余量”为 0；
- 其他选项不改变。

8）单击“操作”选项中的“生成”按钮，生成的刀具路径如图 4-77 所示。

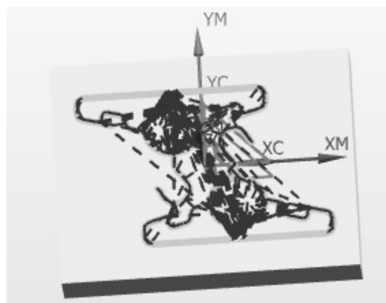


图 4-77 精加工刀具路径

4.6 深度加工轮廓铣加工实例

4.6.1 零件表面的半精加工

1．创建工序

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开”对话框，选择本书光盘中的 “X：/ 4 / 4_2.prt”文件，单击“OK”按钮。进入加工环境，选择菜单“开始”→“加工”命令。

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出现如图 4-78 所示的“创建工序”对话框。按图 4-78 所示设置各选项：

- “类型”下拉列表中选择“mill_contour”;
- “工序子类型”选择“深度加工轮廓”，即图标为;
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”;
- “几何体”下拉列表中选择“MILL_GEOM_1”;
- “刀具”下拉列表中选择“D10_L40”;
- “方法”下拉列表中选择“METHOD”;
- “名称”文本框中输入 A1。

设置完后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 4-79 所示的“深度加工轮廓”对话框。

2．设置刀轨设置相关参数

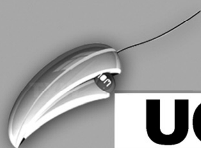
在“深度加工轮廓”对话框中，按如图 4-79 所示进行用户参数设置。



图 4-78 “创建工序”对话框



图 4-79 “深度加工轮廓”对话框



- “陡峭空间范围”下拉列表中选择“无”；
- “合并距离”文本框中输入 0.5；
- “最小切削长度”采用默认值；
- “每刀的公共深度”下拉列表中选择“恒定”；
- “最大距离”文本框中输入 0.1。

3．设置切削层

在“深度加工轮廓”对话框中，单击“切削层”后的“切削层”按钮，系统弹出如图 4-80 所示的“切削层”对话框。在“范围定义”选项组下的“列表”中选择“范围 2”，如图 4-80 所示，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“移除”命令；或者单击“移除”按钮，如图 4-81 所示。然后单击对话框中的“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。



图 4-80 “切削层”对话框 1



图 4-81 “切削层”对话框 2

4．设置切削参数

在“深度加工轮廓”工序对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 4-82 所示的“切削参数”对话框。

1）单击“策略”选项卡，按如图 4-82 所示设置各项参数：

- 设置“切削顺序”为“深度优先”；
- “切削方向”为“顺铣”；
- 勾选“在边缘滚动刀具”复选框。

2）单击“连接”选项卡，按如图 4-83 所示设置各项参数：

- “层到层”下拉列表中选择“沿部件斜进刀”；

● “斜坡角”文本框中输入 3。



图 4-82 “切削参数”对话框 1



图 4-83 “切削参数”对话框 2

3）单击“余量”选项卡，按如图 4-84 所示设置各项参数：

● 激活“使底面余量与侧面余量一致”，使用与侧面一样的底面余量；
● “部件侧面余量”为 0；
● 其他选项依照默认值设定。

“切削参数”对话框中的其他选项不需要设置，在本实例中采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。

5. 设置非切削参数

在“深度加工轮廓”工序对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 4-85 所示的“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削移动参数。

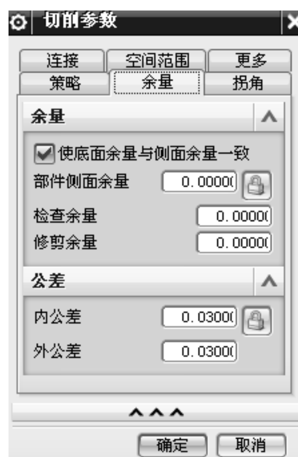


图 4-84 “切削参数”对话框 3



图 4-85 “非切削移动”对话框 1

（1）设置进刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，如图 4-85 所示。对话框上部为“封闭区域”进刀方式，下部为开放区域进刀方式，按图 4-85 所示设定开放区域进刀方式。

- “进刀类型”下拉列选项中选择“圆弧”；
- “直径”文本框中输入 1，单位选择“mm”；
- “高度”文本框中输入 0.2，单位选择“mm”；
- “最小安全距离”文本框中输入 1，单位选择“mm”；
- 其他参数采用默认值。

（2）设置传递 / 快速

在“非切削移动”对话框中，单击“传递 / 快速”选项卡，如图 4-86 所示。“安全设置选项”下拉列表中选择“平面”。单击“指定平面”后的“平面对话框”按钮，系统弹出如图 4-87 所示的“平面”对话框。选择如图 4-88 所示的上表面，然后在“偏置”选项下的“距离”文本框中输入 5，单击“确定”按钮，系统返回到“非切削移动”对话框。



图 4-86 “非切削移动”对话框 2



图 4-87 “平面”对话框

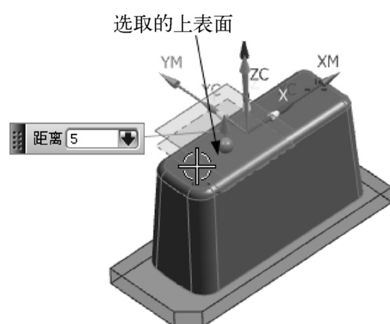


图 4-88 选取的上表面

（3）设置避让

在“非切削移动”对话框中，单击“避让”选项卡，如图 4-89 所示。单击“出发点”选项，将其展开，在“点选项”下拉列表中选择“指定”，然后单击“指定点”后的“点对话框”按钮，系统弹出如图 4-90 所示的“点”对话框。输入坐标（0,0,30），单击“确

定”按钮，系统返回到“非切削移动”对话框。



图 4-89 “非切削移动”对话框 3



图 4-90 “点”对话框

（4）设置重叠距离

在“非切削移动”对话框中，单击“起点/钻点”选项卡，如图 4-91 所示。在“重叠距离”文本框中输入 0.1，其他参数采用默认值。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。

6. 设置进给和速度

在“深度加工轮廓”工序对话框中，单击“进给和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出如图 4-92 所示的“进给率和速度”对话框，在该对话框中设置进给速度和主轴转速。



图 4-91 “非切削移动”对话框 4



图 4-92 “进给率和速度”对话框

在“主轴速度”文本框中输入 2200，单击“主轴速度”选项组下的“设置”选项组，将“主轴速度”选项组下的“设置”选项组展开，“输出模式”下拉列表框中选择“RPM”，“方向”下拉列表框中选择“顺时针”。

“切削”文本框中输入 4000；单击“快速”按钮将其展开，“输出”下拉列表中选择“G1-进给模式”，“快速进给”文本框中输入 8000，单位选择“mmpm”；单击“更多”按钮将其展开，然后分别在“进刀”“第一刀切削”“步距”和“退刀”文本框中输入 400、100、100、400，“逼近”下拉列表中选择“快速”；单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。

7. 产生刀具路径

1）单击“操作”选项中的“生成”按钮，生成刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 4-93 所示。

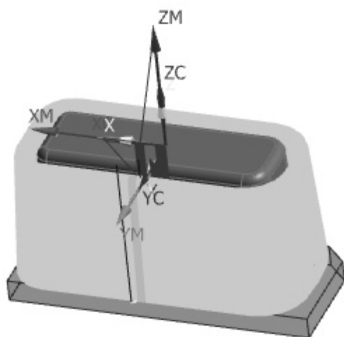


图 4-93　半精加工刀具路径

4.6.2 侧面精加工

1．复制刀具路径

在程序顺序视图导航器中，选择前面创建的半精加工刀具路径 A1，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令。

2．粘贴刀具路径

在程序顺序视图导航器中，选择前面创建的半精加工刀具路径 A1，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“粘贴”命令。在刀具路径 A1 下将生成新的刀具路径 A1_COPY，新的刀具路径名称前有禁止号，表示该路径需要重新生成。

3．修改刀具路径的名称

修改刀具路径的名称方法有两种，一是用左键慢慢双击刀具路径名称 A1_COPY，刀具路径名称部分将出现方框；另一种是选择粘贴的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名” 命令，刀具路径名称部分将出现方框。输入新的刀具路径名称，在方框内输入新的刀具路径名称：A2。

4．编辑 A2 工序

编辑刀具路径的名称方法有两种，一种是选择半精加工路径，快速双击左键；另一种是选择半精加工路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”。两种方法都会进入“型腔

铣”工序对话框。

（1）重新选择几何体

在“深度加工轮廓”对话框中，“几何体”选项中的“几何体”下拉列表中选择“MILL_GEOM_2”，如图 4-94 所示。

（2）重新选择刀具

在“深度加工轮廓”对话框中，在“工具”选项中的“刀具”下拉列表中选择“D6R3_L30”，如图 4-95 所示。



图 4-94 “深度加工轮廓”对话框



图 4-95 “深度加工轮廓”对话框

（3）设置刀轨相关参数

在“深度加工轮廓”对话框中，按如图 4-96 所示进行用户参数设置。

- “陡峭空间范围”下拉列表中选择“仅陡峭的”；
- “角度”文本框中输入 50；
- 其他参数不变。

（4）设置切削参数

在“深度加工轮廓”工序对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 4-97 所示的“切削参数”对话框。单击“余量”选项卡，按如图 4-97 所示设置各项参数，“部件侧面余量”文本框中输入-0.11；其他选项参数不变。单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。



图 4-96 “深度加工轮廓”对话框



图 4-97 “切削参数”对话框

（5）设置进给和速度

在“深度加工轮廓”工序对话框中，单击“进给和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在“主轴速度”文本框中输入 2800，“切削”文本框中输入 3200；单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。

（6）产生刀具路径

单击“操作”选项中的“生成”按钮，生成刀具路径，观察刀具路径的特点。选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 4-98 所示。

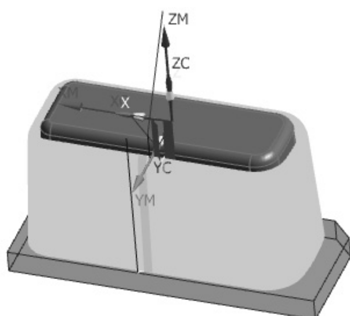


图 4-98　精加工刀具路径

第 5 章　固定轴轮廓铣



本章节重点讲述固定轴铣区域铣削驱动操作的参数功能，掌握固定轴加工的原理，为复杂的曲面加工奠定基础，使读者能够使用固定轴轮廓加工操作编写任意工件的程序。

5.1　固定轴轮廓铣概述

在固定轴轮廓加工中，先由驱动几何体产生驱动点，并按投影方向投影到部件几何体上，得到投影点，刀具在该点处与部件几何体接触点，然后系统根据接触点位置的表面曲率半径、刀具半径等因素，计算得到刀具定位点。最后，当刀具在部件几何体表面从一个接触点移动到下一个接触点，如此重复，就形成了刀轨，这就是固定轴铣刀轨产生的原理。固定轴区域铣削适用于加工平坦的曲面操作，常用于复杂曲面的半精加工与精加工。

5.1.1 固定轴轮廓铣的应用和特点

固定轴轮廓铣是用于精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方式，它允许通过投影矢量以使刀具沿着非常复杂的曲面的复杂轮廓运动，可通过将驱动点投影到部件几何体上来创建刀轨。驱动点从曲线、边界、面或曲面等驱动几何体生成的，并沿着指定的投影矢量投影到部件几何体上。然后，刀具定位到部件几何体以生成刀轨。如图 5-1 所示显示了如何通过将驱动点从有界平面投影到部件曲面上来创建操作。首先在边界内创建驱动点阵列，然后沿指定的投影矢量将其投影到部件曲面上。

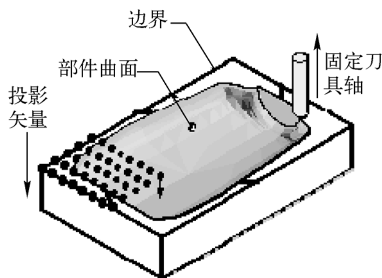


图 5-1　驱动点的投影

固定轴轮廓铣的主要控制要素是导向图形，系统在图形及边界上建立一系列的导向点，并将这些导向几何图形上的点，沿着指定向量的方向投影至零件表面。刀具定位于与零件表面接触的点上，当刀具从现行接触点移动到下一个接触点时，刀具端点位置形成的路径即输出为刀具路径，创建固定轴轮廓铣刀位轨迹的过程可以分为两个阶段：先从指定的驱动几何体生成驱动点，接着驱动点沿着一个指定的投影矢量方向投射到零件几何体上形成投影点。

固定轴轮廓铣有如下特点：

（1）刀具沿复杂曲面轮廓运动，适用于半精加工和精加工。

（2）刀具始终沿一固定矢量方向，采用三轴联动方式切削。

（3）通过设置驱动几何与驱动方法，可产生适合不同场合的刀位轨迹。

（4）提供了功能丰富的清根操作。

（5）非切削运动设置灵活。

5.1.2 固定轴轮廓铣的几个重要概念

1．驱动点

驱动点是指从驱动几何体上产生的，将按投影矢量投影到部件几何体上的点。

2．部件几何体

部件几何体是指加工的轮廓表面，通常直接选择部件粗或半精加工后等待加工的实际轮廓表面。部件几何体可以是实体或片体、实体表面或表面区域。直接选择实体或实体表面作为部件几何体，可以保持加工刀轨与这些表面之间的相关性。

3．驱动几何

驱动几何是指用来产生驱动点的几何体，可以为点、曲线、曲面，也可以是零件几何体。

4．驱动方法

驱动方法用于提供创建点的方法，它将决定可以选用的驱动几何、可用的投影矢量、刀轴矢量和切削方式等，所以驱动方法应根据部件的表面形状、加工要求等多方面因素来选择。一旦确定了驱动方法，可选用的驱动几何、投影矢量、刀轴和切削方式等就随之确定了。UG 系统提供了多种驱动方法，如曲线 / 点驱动方法、边界驱动方法、区域铣削驱动方法和表面积驱动方法等。

5．投影矢量

投影矢量用于指引驱动点怎样投射到零件表面。一般情况下，驱动点沿投影矢量方向投影到部件几何体上产生投影点。

6．在驱动几何体上产生驱动点

驱动点可以从部分或全部的几何体中创建，也可以从其他与零件不相关联的几何体上创建，最后，这些点将投影到几何体零件上。

7．投影驱动点

投影驱动点通过内部处理产生。它使刀具从驱动点开始沿着矢量方向向下移动，直到刀具接触到零件几何体。这个点可能与映射投影点的位置一致，如果有其他的零件几何体或者是检查几何体阻碍了刀具接触到投影点，一个新的输出点将会产生，那个不能使用的驱动点将被忽略。

本操作项目可用于执行精加工程序，通过不同的驱动方法的设置，可以获得不同的刀轨形式，相当于其他 CAM 软件的沿面切削、外形投影、口袋投影、沿面投影及清角等操作，可谓功能强大。

5.1.3 固定轴轮廓铣工序模板介绍

在如图 5-2 所示“创建工序”对话框中，“类型”下拉式列表中选择“mill_contour”，“工序子类型”黑线框内的为固定轴轮廓铣，固定轴轮廓铣的子类型共有 11 种，各种子类型

的说明如表 5-1 所示。



图 5-2 “创建工序”对话框

表 5-1 固定轴轮廓铣各子类型的说明

图　标	英　文	中　文	说　明
	FIXED_COUNTOUR	固定轮廓铣	基本的固定轴轮廓铣工序，用于以各种驱动方法、包容和切削模式轮廓铣部件或切削区域。刀具轴是 +ZM
	COUNTOUR_AREA	轮廓区域	与固定轴轮廓铣基本相同，默认设置区域驱动方法
	COUNTOUR_SURFACE_AREA	轮廓表面积	与固定轴轮廓铣基本相同，默认设置曲面驱动方法
	STREAMLINE	流线	以曲线、边缘、点和曲面作为驱动几何，允许刀轨外延
	COUNTOUR_AREA_NON_STEEP	非陡峭区域轮廓铣	与固定轴轮廓铣基本相同，默认为非陡峭约束，角度为 65° 的区域轮廓铣
	COUNTOUR_AREA_STEEP	陡峭区域轮廓铣	与固定轴轮廓铣基本相同，默认为陡峭约束，角度为 65° 的区域轮廓铣
	FLOWCUT_SINGLE	单刀轨清根	驱动方法为 Flow Cut 的固定轴轮廓铣，且只创建单一清根路径
	FLOWCUT_MULIPLE	多刀轨清根	驱动方法为 Flow Cut 的固定轴轮廓铣，且可创建多道清根路径
	FLOWCUT_REF_TOOL	清根参考刀具	驱动方法为 Flow Cut 的固定轴轮廓铣，且可创建多道清根路径，清根驱动方法可选择参考刀具
	SOLID_PROFIE_3D	实体轮廓 3D	利用特殊的 3D 实体轮廓切削类型
	PROFILE_3D	轮廓 3D	利用三维曲线、边缘和面等生成固定 Z 向深度偏置的轮廓铣刀轨，常用于冲压模具最后轮廓铣

5.2 固定轴轮廓铣的驱动方式

在固定轴轮廓铣中，驱动方法定义了创建驱动点的方法。系统提供了 10 种驱动方法，它们分别是曲线 / 点驱动方法、螺旋式驱动方法、边界驱动方法、区域铣削驱动方法、曲面驱动方法、流线驱动方法、刀轨驱动方法、径向切削驱动方法、清根驱动方法、文本驱动方法和用户定义驱动方法。所选择的驱动方法决定能选择的驱动几何体类型，以及可用的投影矢量、刀具轴和切削方法。如果不选择零件几何体，刀位轨迹将直接由驱动点生成。

每一个驱动方法都包含一系列的对话框，当选择了某个特定的驱动方法后，相应的对话框将会自动弹出。当改变了驱动方法后，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，提示是否确实要更改驱动方法，单击“确定”按钮将打开新选项的驱动方法的对话框。本书重点介绍几

种常用的驱动方法。

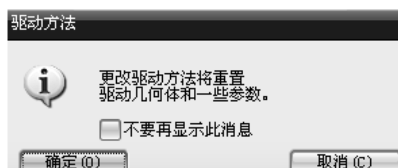


图 5-3　警告信息

5.2.1 曲线/点驱动方法

曲线/点驱动方法允许通过指定点和曲线来定义驱动几何体。当选择点时，就在所选点间直线段创建驱动路径；当选择曲线时，则沿着所选曲线产生驱动点。在两种情况下，驱动几何都投影到零件几何表面上，刀具路径创建在零件几何表面上。驱动曲线可以是开放的或是封闭的，也可以是连续的或是非连续的，平面的或是非平面的。曲线/点驱动方法最常用于在平面雕刻图案或者文字。将零件面的余量设置为负值，刀具可以在低于零件面处切出一条槽。

1．曲线/点驱动方法的应用

当驱动几何体指定的是点，驱动轨迹将作为直线段被创建在两点之间。当点为驱动几何体时，在所指定顺序的两点间以直线段连接生成驱动轨迹。如图 5-4 所示，在图中依序指定 1、2、3、4 四个点，并依序定义为导向像素。所形成之导向路径，沿指定的投影方向投影至零件表面，形成刀具路径。一个点可以被使用多次，一个封闭的驱动路径可以通过把一系列的点依次作为起点和终点来定义。

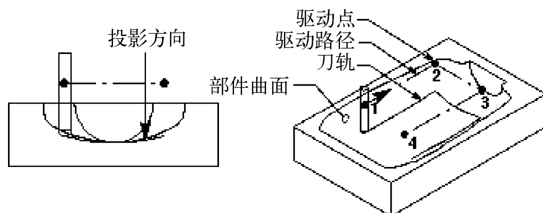


图 5-4　点驱动方法

当选择曲线作为驱动几何体时，将沿着所选择的曲线生成驱动点，刀具依照曲线的指定顺序，依序在各曲线之间移动形成刀具路径。如图 5-5 所示，在图中依序指定 4 条直线形成长方形环路。所形成的导向曲线，沿指定的投影方向投影至零件表面而形成刀具路径。

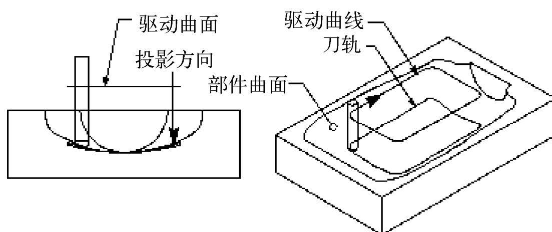


图 5-5　曲线驱动方法

当导向几何图形指定完成之后，系统显示箭头指示内建之切削方向。对开放曲线而言，所选择的端点决定起点位置。对封闭曲线而言，起点位置与切削方向决定于导向曲线节段选取的顺序。

在“固定轮廓铣”工序对话框中，当驱动方法选择“曲线/点”时，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-6 所示的“曲线/点驱动方法”对话框，提供导向曲线与点像素的选择或重新选择、编辑、显示，切削步长的决定，投影矢量及显示驱动路径等功能。

2．驱动几何体的选择

在“曲线/点驱动方法”对话框中，单击“驱动几何体”选项栏，系统默认为选择曲线，但当单击“点对话框”按钮，系统弹出如图 5-7 所示的“点”对话框。选择几何体时，应该先设定参数，在选择几何体类型，然后在绘图区选择指定类型的对象，完成选择后单击“曲线/点驱动方法”对话框中的“确定”按钮。



图 5-6 “曲线/点驱动方法”对话框



图 5-7 “点”对话框

“定制切削进给率”选项可以为当前所选择的曲线或点指定进给率，可以指定不同的进给率。

3．设置切削步长

切削步长指定沿驱动曲线产生驱动点间距离的方法，产生的驱动点越靠近，创建的刀具路径就越接近驱动曲线，切削步长的确定方式有以下两种。

（1）公差

“公差”选项是按指定的法向距离产生驱动点，选择该项时，可在下方的“公差”文本框内输入公差值，作为法向距离。按法向距离不超过规定的公差值，就可以沿曲线产生驱动点，规定的公差值越小，各驱动点就越靠近，刀具路径也就越精确。但是，按公差方式确定切削步长产生的驱动点并不是均匀分布的。

（2）数量

“数量”选项是按设置的最少驱动点数，沿驱动曲线产生驱动点。选择该选项，可在下

方的“数量”文本框中输入最少驱动点数值。由于刀具路径与零件几何表面轮廓的误差，输入的点数必须在设置的零件表面内、外公差范围内，如果输入的点数太小，系统会自动产生多于最小驱动点数的附加驱动点。

5.2.2 螺旋驱动方法

螺旋驱动方法是一个由指定的中心向外作螺旋线生成驱动点的驱动方法。这些驱动点是在过中心点且垂直于投影矢量方向的平面内生成的，驱动点通过投影矢量投影到零件表面上，如图 5-8 所示。

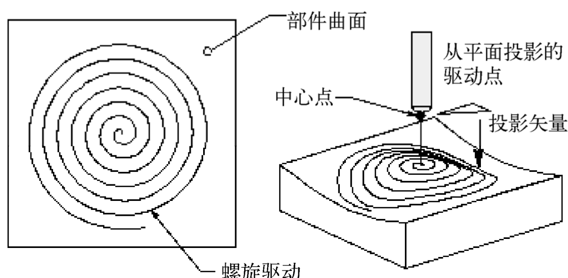


图 5-8 螺旋驱动方法

与其他驱动方法相比，这种驱动方法在步距移动时没有一个突然的换向，它的步距移动是光滑的，保持恒量向外过渡，可以保持固定的切削速度以及平滑的刀具移动，这种特性对高速加工是很有用的。在“驱动方法”选项组下的“方法”下拉列表中选择“螺旋式”，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-9 所示的“螺旋驱动方法”对话框。



图 5-9 “螺旋式驱动方法”对话框

螺旋驱动方法不受加工几何体的约束，它只是受到最大螺旋半径值的限制。这种驱动方法最好用于圆形零件。

1．螺旋中心点

螺旋中心点用于定义螺旋的中心位置，也定义了刀具的开始切削点，如果没有指定螺旋中心点，系统就用绝对坐标原点作为螺旋中心点。定义螺旋中心点时，单击“点对话框”按

钮，系统弹出如图 5-7 所示的“点”对话框，定义一个点作为螺旋驱动的中心点。

在一个操作中，只能有一个螺旋中心点，通过选择新的点将替换原有的螺旋中心点。

2．步距

步距即横向进给量，用于控制两相邻切削路径间的距离，即切削宽度。步距的设定有两种方式，可以直接指定一个固定值或者是以刀径的百分比方式设定。

3．设置最大螺旋半径

最大螺旋半径用于限制加工区域的范围，从而限制产生驱动点的数目，以缩短系统的处理时间，螺旋半径在垂直于投影矢量的平面内进行测量。如果指定的半径超出了零件的边界，刀具在不能切削零件几何表面时，会退刀、转换，直至与零件表面接触，再进刀、切削，如图 5-10 所示。

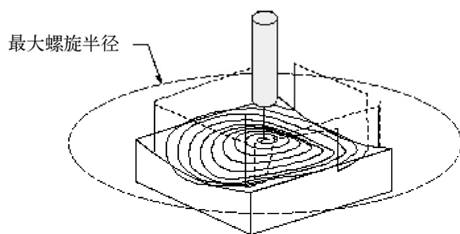


图 5-10　最大螺旋半径

4．切削方向

切削方向与主轴旋转方向共同定义驱动螺旋的方向为顺时针还是逆时针方向。它包含顺铣与逆铣两个选项，顺铣指定驱动螺旋的方向与主轴旋转方向相同，逆铣指定驱动螺旋的方向与主轴旋转方向相反。

5.2.3 边界驱动方法

边界驱动方法可指定以边界或环路来定义切削区域。切削区域可为边界或环路，或是两者的组合。边界不需要与零件表面的形状或尺寸有所关联，而环路则需要定义在零件表面的外部边缘。根据边界所定义的导向点，沿投影向量投影至零件表面，定义出刀具接触点，沿投影向量投影至零件表面，定义出刀具接触点与刀具路径。边界驱动方法最适合于刀轴方向及投影向量控制需求最少的加工，例如固定刀轴及投影向量的加工。如图 5-11 所示为边界驱动方法刀具路径示意图。

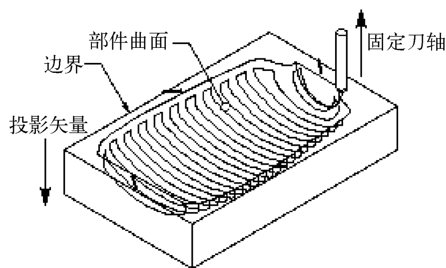


图 5-11　边界驱动方法

边界驱动方法与平面加工的工作方式类似，但是与平面加工不同之处在于，为执行曲面精加工，刀具路径必须沿着复杂的曲面轮廓而产生。边界导向如同曲面驱动方法，都在其所包围的区域间产生导向点网格。在边界内部产生导向点比在曲面上容易，但使用边界导向无法控制刀轴方向与投影向量。例如平面轮廓所产生的导向点，无法均匀包覆于复杂形状的曲面上，或控制投影向量之向以获得较佳的刀具路径。

边界可由一系列曲线、现行边界或由零件上的面产生。边界定义出切削区域的外围以及岛屿与口袋的部分。每一条边界线可指定刀轴位于、相切于及接触 3 种刀具位置特征。一个边界可以超出零件的几何表面，也可以在零件几何表面内约束一个区域，还可以与零件几何表面外轮廓一致。当边界范围超过零件表面的尺寸大于刀具直径时，刀具将会切削超过零件边缘，产生边缘轨迹的现象，造成毛边的不利情形。当边界在零件表面内约束的一个区域时，则必须指定刀轴位于、相切于及接触等刀具位置来控制刀具与边界的位置关系。当边界范围与零件表面之边缘重合时，最好选择零件包覆环路，不要选择使用边界，并依照零件曲面的斜率大小，指定刀轴通过、相切及接触等刀具位置。

在“固定轴轮廓铣”工序对话框中，当“驱动方法”选择“边界”时，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-12 所示的“边界驱动方法”对话框。对话框中提供驱动几何体、公差、偏置、空间范围、驱动设置、更多和预览等选项组。

边界驱动方法允许利用指定的边界和环定义切削区域。边界与零件表面形状和尺寸无关，而环必须与零件表面的外棱边相对应。切削区域由边界、环或者这两者的组合来定义。从切削区域中产生的驱动点沿着指定的投影方向到零件面上，由此生成刀位轨迹。用边界驱动方法可以对复杂的曲面轮廓进行精加工，它需要刀具轴和投影方向的控制。

1．边界的选择

在“边界驱动方法”对话框中，单击“指定驱动几何体”后的“选择和编辑驱动几何体”按钮，系统弹出如图 5-13 所示的“边界几何体”对话框。该对话框与平面铣中的“边界几何体”对话框是类似的，只是模式中的默认的设置不同，平面铣中为面，而边界驱动方法中为边界。



图 5-12 “边界驱动方法”对话框



图 5-13 “边界几何体”对话框

2．公差

“公差”选项组下有边界内公差和边界外公差两个选项，用来指定刀具偏离实际边界的最大距离。边界内公差和边界外公差不能同时指定为零。

3．偏置

“偏置”用于设置边界上预留材料的多少，即边界余量，在粗加工中为精加工预留的材料，该值在“边界偏置”文本框中设置。

4．空间范围

“空间范围”是利用沿着所选择零件表面区域的外部边缘生成的环线来定义切削区域。环与边界同样定义切削区域，不同的是它直接在零件面上产生，而非经过投影产生。

如果零件几何体是实体，最好选择面来加工，而不要选择实体。因为实体包含多样的外部边界，这种不明确的边界会妨碍系统产生环线。

当环与边界一起使用时，它们的公共部分定义了切削区域。“空间范围”选项组下只有“部件空间范围”选项，“部件空间范围”下拉列表中有“关”“最大的环”和“所有环”3 个选项，分别说明如下。

1）关：选择该选项，不定义切削区域。

2）最大的环：选择该选项，指定最大的环为切削区域。

3）所有环：选择该选项，指定所有环为切削区域。

5．驱动设置

驱动设置有“切削模式”“切削方向”“步距”“最大距离”和“切削角”等选项设置，如图 5-12 所示。

（1）切削模式

切削模式用来定义刀位轨迹的形状。一些模式是切削整个区域，而另一些模式只切削区域的轮廓；一些模式沿着切削区域的外形加工，而另一些则依赖于零件的外形。所选择的模式决定了此部分的某些选项是有效的。例如，选择平行线切削模式时，切削此类型等选项是有效的；而选择轮廓切削模式时，切削类型等选项是无效的。不同模式的选择可得到不同的切削类型，各选项说明如下。

1）跟随周边：跟随周边生成一系列沿零件几何形状偏置的加工轨迹。需要指定切削方向——顺铣或者逆铣，指定型腔加工方向——向内或向外，刀具轨迹如图 5-14 所示。

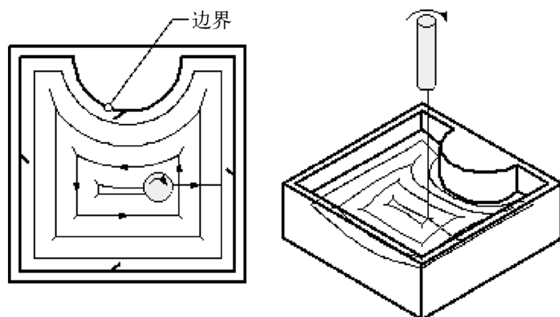


图 5-14　跟随周边

注意：当步距大于刀具有效直径的 50%时，使用该方式可能产生没有切到的区域。

2）轮廓加工：沿着切削区域的周边生成轨迹的一种切削模式，可以用“附加刀轨”选项使刀具逐渐逼近切削边界，刀具轨迹如图 5-15 所示。

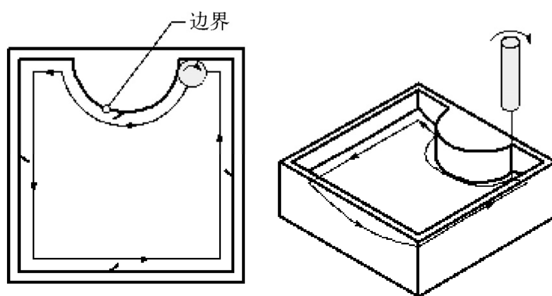


图 5-15 轮廓切削

3）标准驱动切削：与轮廓切削非常相似，但该方式刀轨始终沿着指定的驱动边界，不能预防轨迹自相交过切，刀具轨迹如图 5-16 所示。

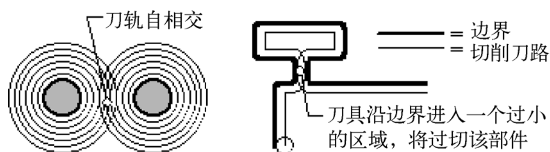


图 5-16 标准驱动切削

4）单向：用于创建单向的刀位轨迹。此选项功能始终维持一致的顺铣或者逆铣切削，并且在连续的刀轨之间没有沿轮廓的切削，刀具轨迹如图 5-17 所示。

5）往复：用于创建双向的切削刀轨。这种切削类型允许刀具在步距运动期间保持连续的进给运动，刀具轨迹如图 5-18 所示。

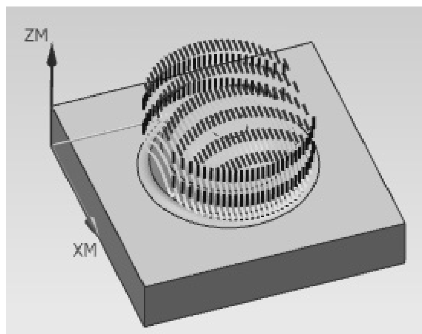


图 5-17 单向驱动切削

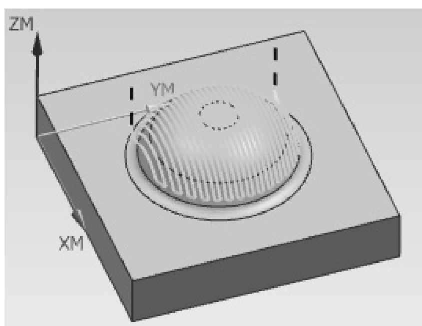


图 5-18 往复驱动切削

6）单向轮廓 ：用于创建单向的、沿着轮廓的刀位轨迹，此选项始终维持着顺铣或者逆铣切削。

7）单向步进 ：用于创建单向的、在进刀边沿着轮廓而在退刀直接抬刀的刀位轨迹，此选项始终维持着顺铣或者逆铣切削。

8）同心圆弧 ：指可以从用户指定的或者系统计算的最优中心点来创建逐渐增加的或者逐渐减小的圆形切削模式，刀具轨迹如图 5-19 所示。在同心圆弧切削模式无法产生的拐角部分，刀具移到下一角落连续切削之前，系统将按照所指定的切削方法连接各路径，即在拐角间产生指定切削方法类型跨越运动。该类型的切削模式需要指定“阵列中心”，并指定“刀轨方向”为“向内”或者“向外”。同心圆弧有“同心单向”“同心往复”“同心单向轮廓”和“同心单向步进”4 种切削模式。

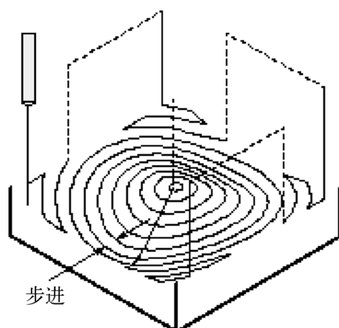


图 5-19　同心圆弧切削

“阵列中心”有“自动”和“指定”两种方式。“自动”是指允许系统根据切削区域的形状和大小来确定“同心圆弧”和“径向线”最有效的切削模式的中心位置；“指定”是指用户自定义“径向线”的辐射中心点和“同心圆弧”的圆心。

“刀轨方向”有“向内”和“向外”两种方向，刀具轨迹如图 5-20 所示。

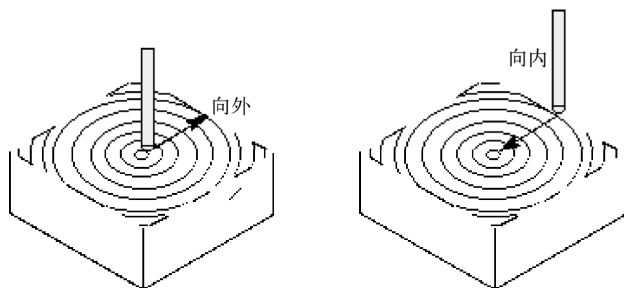


图 5-20　刀轨方向

9）径向线切削 ：也可称为放射状切削，生成线性切削模式，它是由一个用户指定的或者系统计算出来的优化中心点扩展而成。这种切削模式的步距长度是沿着离中心最远的边

界上的弧长测量的，如图 5−21 所示。该种切削模式同样需要指定“阵列中心”和“刀轨方向”。径向线切削模式有“径向单向”“径向往复”“径向单向轮廓”和“径向单向步进”4 种切削模式。

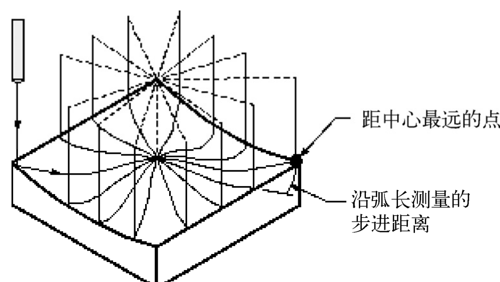


图 5−21　径向线切削

（2）步距

“步距”选项用于指定相邻两道刀具路径的横向距离，即切削宽度，它有“恒定”“残余高度”“刀具平直百分比”和“多个”4 个选项，它们可以参考平面铣加工中对应步进设定方法。

（3）附加刀路

“附加刀轨”选项用于轮廓切削和标准轮廓切削模式下，通过指定添加刀具路径的道数，产生多个同心线切削路径，使刀具向边界横向进给，从而沿侧壁切除材料。

（4）切削角

“切削角”选项用于在平行线切削模式中指定刀具路径的角度，这个角度是以工作坐标系的 X 轴开始时逆时针方向测量的。

“切削角度”包括“自动”与“用户定义”两个选项，当选择“用户定义”时，在“度数”文本框中输入角度值。使用户自定义角度时，可在图形中显示定义的角度，它以箭头方向表示切削角度。

当退出“边界驱动方法”对话框后，如果改变工作坐标系（WCS）的方向，将不会影响已设定的切削方向，而且在下次进入对话框时，系统将重新计算切削旋转角度。这时影响已设定的切削方向，而且在下次进入对话框时，系统将重新计算切削旋转角度，因为系统其实是以绝对坐标系的数值来保存角度值的。

（5）切削方向

“切削方向”方向用于顺铣与逆铣的控制。切削方向与主轴旋转方向共同定义驱动螺旋的方向是顺时针还是逆时针。它包含“顺铣”与“逆铣”两个选项，顺铣指定驱动螺旋的方向与主轴方向相同，逆铣指定驱动螺旋的方向与主轴旋转方向相反。

6．更多

单击“更多”选项组，对话框如图 5−22 所示，其中包含区域连接、边界逼近、岛清根、壁清理、精加工刀路和切削区域等选项，其中前 5 个选项的设置可参阅平面铣操作的相应选项。

“切削区域”选项用于定义切削区域的开始和在图形窗口显示切削区域，单击“切削区域”后的“选项”按钮，系统弹出如图 5-23 所示的“切削区域选项”对话框。其中包括切削区域起点和切削区域显示选项，分别说明如下。



图 5-22 “边界驱动方法”对话框



图 5-23 “切削区域选项”对话框

（1）切削区域起点

“切削区域起点”选项组可以系统自动定义，也可以由用户指定，当选择“定制”选项，并单击“选择”按钮后，将弹出“点”对话框，用于指定切削区域的一个或多个开始点。由于选择的开始点是刀具开始切削的粗略位置，因此选择的开始点并不严格要求位于开始切削的精确位置，只要在切削区域开始切削的大致位置即可。如果指定了多个开始点，则系统使用最靠近切削区域的点作为开始点的粗略位置。做平行线模式的切削，其起始点只能在角落上，所以平行线切削模式将以最靠近指定点的角落开始加工。

（2）切削区域显示选项

该选项组中有以下几个参数。

- 刀具末端：指定是否临时显示刀具轨迹，打开该选项，将在零件表面上临时显示刀端轨迹线。
- 接触点：指定是否显示临时接触点，打开该选项，将在零件表面上临时创建一系列刀具与零件几何表面接触点。
- 接触法向：打开该选项，将在零件表面上临时创建一系列显示矢量，这些矢量显示在刀具与零件几何表面接触的点上。
- 投影上的刀具末端：将临时创建显示刀具端轨迹线在边界平面上的投影，如果无边界投影，则将显示轨迹线投影到 WCS 原点且垂直于投影矢量的平面上。

5.2.4 区域铣削驱动方法

区域铣削驱动方式允许指定一个切削区域来产生刀位轨迹，该方法只能用于固定轴铣。切削区域可以通过曲面区域、片体或面来创建。这个驱动方法与边界驱动方法相似，但是不需要驱动几何体，它使用了一个加强的和自动遏制碰撞的计算方法。区域切削可以看成是以曲面的边缘作为一个边界驱动。

区域几何体可以作为父节点在操作导航器中定义，也可以在操作内部进行定义。切削区域可以通过选择曲面区域、片体或面来指定，可以用修剪几何体进一步约束切削区域。修剪几何体的边界总是封闭的，刀具位置始终为“位于”。与表面积驱动方法不同，切削区域几

何体的选择不需要按照行和列栅格的次序。如果没有指定一个切削区域，那么系统将使用已选择的零件几何体（排除刀具不能到达的区域）作为切削区域。除了可以指定切削几何体外，还可以指定陡峭约束和修剪边界，以便进一步限制切削区域。

在“固定轴轮廓铣”工序对话框中，“驱动方法”选项组下的“方法”下拉列表中选择“区域铣削”，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-24 所示的“区域铣削驱动方法”对话框。该对话框中的选项与“边界驱动方法”对话框的选项基本上一样，但是没有驱动几何体的选择和边界公差及偏置设置，而多了一个选项——“陡峭空间范围”。另外在“切削类型”选项中，多了一个往复上升走刀。往复上升走刀与往复式走刀基本上一样，只是可根据设置的内部进刀、退刀与跨越运动，在路径间抬起刀具，但没有分离与逼近运动。

对话框中“陡峭空间范围”选项组是根据刀具路径的陡峭程度来限制切削区域，以便控制残余面积高度，并避免刀具在陡峭表面产生过切。



图 5-24 “区域铣削驱动方法”对话框

零件几何上任意一点的陡峭度，是由刀轴与零件几何表面法向的夹角来定义的。陡峭区域是指零件几何上陡峭度大于等于指定陡峭角的区域，即陡峭角度把切削区域分隔成陡峭区域与非陡峭区域。在“方法”下拉列表中共有以下 3 个选项。

- 无：切削整个区域，在刀具路径上不使用陡峭约束，允许加工整个工件表面。
- 非陡峭：切削非陡峭区域，用于切削平缓的区域，而不切削陡峭区域，通常可作为等高轮廓的补充。选择该项，需要在“陡角”文本框中输入角度值。
- 定向陡峭：定向切削陡峭区域，切削方向由路径模式方向绕 ZC 轴旋转 90°确定，路径模式方向则由切削角度确定，即从 WCS 的 XC 轴开始，绕 ZC 轴指定的切削角度就是路径模式方向。切削角度可以从选择这一选项后弹出的对话框中指定，也可以从切削角下拉列表中选择用户定义方式。选择该项，需要输入切削角度和陡峭角度。

定向切削陡峭区域陡峭边的切削区域是与走刀方向有关的，若使用平行切削，当切削角度方向与侧壁平行时就不作为陡壁处理。

“步距已应用”选项有“在平面上”和“在部件上”两种方式。“在平面上”是指系统生成工序的刀具轨迹时，“步距”是在垂直于刀轴的平面上测量的。若将此刀具轨迹应用在具有陡峭的部件，则部件实际上的步距不相等。所以，“在平面上”最适用于非陡峭区域。“在部件上”是指系统生成用于操作的刀轨时，“步距”是沿着部件测量的。因此，“在部件上”最适用于具有陡峭的部件。通过对部件几何体较陡峭的部分维持更紧密的步距，以实现对残余波峰的附加控制。

5.2.5 曲面驱动方法

曲面区域驱动方式提供了对刀具轴和投影矢量的附加控制。这个方式能创建一组阵列

的、位于驱动面上的驱动点，驱动点首先按阵列生成在驱动面上，然后沿投影矢量方向投影到零件面上而生成。这种驱动方式在加工复杂的表面时十分有用，刀位轨迹生成在所选择的零件面上，它是按照已指定的投影矢量方向投影驱动面上的点来得到的。如果零件面没有定义，刀位轨迹则直接创建在驱动面上。

驱动曲面并不要求是平面，但是必须按行和列有序排列，并且每行应有同样数量的曲面，每列也应有同样数量的曲面，其间隙不得超过参数设置中所指定的连接公差。

曲面区域驱动方式可以对刀具进行最大限度的控制，并可定义相对于驱动曲面变化的刀轴方向，当加工非常复杂的表面轮廓时，适当的刀轴控制可避免刀轴的波动，如图 5-25 所示的零件。曲面区域驱动方式也可以对投影矢量进行最大限度的控制。

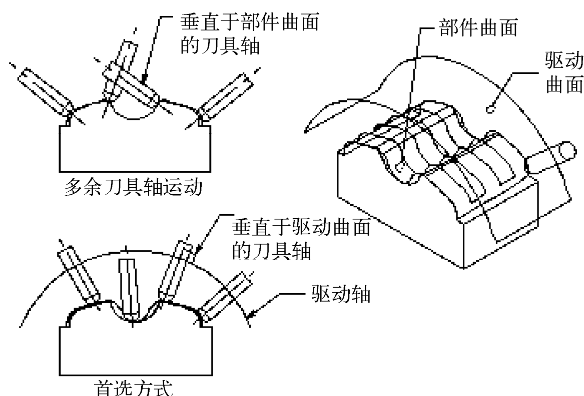


图 5-25 曲面区域驱动方式

在“固定轴轮廓铣”工序对话框中，“驱动方式”选项组下的“方法”下拉列表中选择“曲面”，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-26 所示的“曲面区域驱动方式”对话框。在该对话框中，上面部分是选择驱动几何体及设定刀具位置和加工余量，中部选项用于设置切削参数，下部选项用于指定刀轴矢量与投影矢量。

1．驱动几何体

“驱动几何体”选项组用于定义和编辑驱动面，以创建刀具路径，也可以定义曲面的参数。在“曲面区域驱动方式”对话框中单击“选择或编辑驱动几何体”按钮，系统弹出如图 5-27 所示的“驱动几何体”对话框。在绘图区按顺序选择第一行的曲面，选择完第一行曲面后，单击“开始下一行”按钮再选择第二行曲面，依此类推，完成所有曲面行的定义，然后单击“确定”按钮，系统返回到“曲面区域驱动方式”对话框。

注意：选择加工多个曲面时，选取曲面时一定要逐个选取相邻的曲面，否则会因流线方向不统一而无法生成刀具路径。相邻的面必须共享一个边缘，并且不能存在超过所定义公差范围的间隙。注意选择多行的曲面时，每一行的曲面个数应该相同。

在定义驱动面时，状态行显示曲面行数。定义驱动曲面后，系统在绘图区显示默认的切削方向与材料边的方向。



图 5-26 “曲面区域驱动方式”对话框



图 5-27 “驱动几何体”对话框

1）刀具位置：决定了系统如何计算在零件表面上的接触点。它包含“相切”和“上”两个选项。

2）切削方向：指定开始切削的象限和切削方向，单击该选项，图形窗口中在驱动曲面的四角显示 8 个方向箭头，可用鼠标选取要求切削方向。

3）材料反向：用于改变驱动曲面材料侧的法向矢量方向，材料侧法向矢量必须指向要去除的材料。

4）切削区域：指定驱动曲面中哪一部分为切削区域，并将该切削区域的边界在图形窗口中显示出来。其下拉列表中包括“曲面%”与“对角点”两个选项。

“曲面%”通过指定第一道与最后一道刀具路径的百分比，以及横向进给的起点与终点的百分比，从驱动曲面中定义出切削区域，该百分比可正可负。选择该选项时，将弹出曲面百分比方式对话框，可在各文本框中输入数值。对单个驱动曲面，100%代表整个曲面；对多个驱动曲面，按钮动曲面个数平分 100%，而不管各驱动曲面的实际大小。

“对角点”选项是在选择的驱动曲面上指定两个对角点来定义切削区域。选择该项时，弹出无参数对话框，同时在状态行提示选择一个面以定义第一个对角点，在图形窗口中选取一个驱动面后，弹出指定点对话框，可用点构造器指定一点，或直接在选择的驱动面上指定一点作为第一个对角点；选择第一个角点后，系统又弹出无参数对话框，同时状态行提示选择一个面用于定义第二个对角点，可用相同的方法定义第二点。选择第二个对角点的面可以与第一个角点的面为同一个面。

2．曲面驱动参数

（1）切削步长

“切削步长”选项控制在切削方向产生的驱动点的距离，当直接在驱动面上加工或者刀轴相对于驱动曲面定义时，切削步长的定义就特别重要。指定的驱动点越多，则创建的刀具

路径越精确，刀具也就越能精确地跟随驱动曲面的轮廓。切削步长的定义方式包括“公差”与“数量”两个选项。

“公差”方式使驱动点按指定的法向距离产生，此时可在下方的“内公差”与“外公差”文本框中分别输入允许的法向距离切入与切出公差。法向距离是两相邻驱动点连线与驱动曲面间的最大法向距离。

“数量”方式，在创建刀具路径时，按指定沿切削方向产生的最少驱动点数。由于刀具路径与零件几何表面轮廓的误差，必须在指定的零件表面内外公差值内，所以当需要时，系统会自动产生多于最少驱动点数的附加驱动点。选择该选项后，其下方的参数文本框取决于选择的路径模式，若选择的是“平行线”模式，则需要输入“第一刀切削”“最后一刀切削”，若选择的是其他模式，则需要输入“第一刀切削”“第二刀切削”与“第三刀切削”。

（2）步距

“步距”选项用于指定相邻两道刀具的横向距离，即切削宽度。其下拉列表中选项包括“残余高度”与“数量”。

使用“残余高度”时，通过指定相邻两道刀具路径间残余材料的最大高度、水平距离与垂直距离来定义允许的最大残余面积尺寸。当选择该选项时，在其下方需要输入残余波峰高度、水平限制、竖直极限距离。

当使用“数量”选项定义时，批定刀具路径横向进给的总数目。

（3）切削模式

“切削模式”选项用于定义刀具从一个切削刀轨运动到下一个切削刀轨的方式。曲面区域驱动方式有“跟随周边”“螺旋”“单向”“往复”和“往复上升”5 种切削模式。“往复上升”是指根据指定的局部“进刀”“退刀”和“移刀”运动，在刀轨之间抬刀。

（4）过切时

“过切时”用于定义在刀轨的运动过程中刀轨过切驱动曲面时系统如何响应，有“无”“警告”“跳过”和“退刀”4 种响应方式。“无”是系统将不响应刀轨对驱动曲面的过切，即忽略过切情况。“警告”是指系统将会发出警告，但不会通过改变刀轨来避免过切情况。“跳过”处理方法使得刀具路径发生过切时，忽略刀具过切检查几何体时的刀具路径；刀具从过切前的最后安全定位点直接移动到不再过切时的第一个安全点。但当检查几何体把同一刀轨分成两段时，不能采用此处理方法。“退刀”处理方法使得系统提刀避开检查几何体，提刀时将保用非切削移动参数定义的相关进、退刀参数。刀具从过切前的最后安全定位点提升刀具避开检查几何体移动到不再过切时的第一个安全点。

5.2.6 流线驱动方法

流线驱动方法允许用户指定曲线或边缘（近似创建风格曲面）建立隐含的曲面来定义驱动几何体，并由此产生按曲面 UV 方向分布的驱动点。流线驱动不需要创建驱动面，在加工复杂的具有非规则排列的曲面时更加灵活，并且加工精度也更高。

在“固定轴轮廓铣”工序对话框中，“驱动方式”选项组下的“方法”下拉列表中选择“流线”，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-28 所示的“流线驱动方法”对话框。



图 5-28 “流线驱动方法”对话框

在“流线驱动方法”对话框中，“驱动曲线选择”选项组有两种选择方法，分别为“自动”和“指定”。“自动”是 NX 根据主操作对话框中指定的切削区域的边界创建流动曲线集和交叉曲线集；“指定”是用户手工选择流动曲线和交叉曲线或自动编辑创建的流动/交叉曲线。

“流曲线”选项组里主要是定义驱动曲面的长边缘；需要设置选项有选择曲线、反向、指定原始曲线和添加新集等 4 个内容。

“交叉曲线”选项组定义与流曲线相交的刀轨模式行为。

“指定切削方向”选择合适的矢量定义起始点和加工方向。

“修剪和延伸”选项组用于调整切削刀轨的长度和步进，有“开始切削%”“结束切削%”“起始步长%”和“结束步长%”4 个参数共同控制。“开始切削%”“结束切削%”为正值时，“修剪和延伸”的方向与“切削方向”相同；为负值时，“修剪和延伸”的方向与“切削方向”相反。“起始步长%”“结束步长%”为正值时，“修剪和延伸”的方向与“步进”方向相同；为负值时，“修剪和延伸”的方向与“步进”方向相反。

5.2.7 刀轨驱动方法

刀轨驱动方式是通过现有的刀具轨迹来定义驱动点，创建一个与选择的刀轨类似的固定轴轮廓铣工序。

在“固定轴轮廓铣”工序对话框中，“驱动方式”选项组下的“方法”下拉列表中选择“刀轨”，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-29 所示的“指定 CLSF”对话框。选择相应的刀轨文件，单击“OK”按钮，系统弹出如图 5-30 所示的“刀轨驱动方法”对话框。该对话框有“CLSF 中的刀轨”“按进给率划分的运动类型”和“预览”3 个选项组。“CLSF 中的刀轨”用于选择现有的刀轨；“按进给率划分的运

动类型”用于根据所选刀轨中列出的各个相关联的进给率，来决定所选刀轨的哪个部分将投影到驱动几何体上。



图 5-29 “指定 CLSF”对话框



图 5-30 “刀轨驱动方法”对话框

5.2.8 径向切削驱动方法

径向切削允许用户指定任意曲线和边缘定义驱动几何体，由此产生垂直于驱动边界的、具有一定宽度的带状驱动点，常用于清除工件底部的残留材料。定义“驱动几何体”边界时，可以指定曲线或边缘作为驱动几何，可以是开放式的边界，也可以是封闭式的。

在“固定轴轮廓铣”工序对话框中，“驱动方式”选项组下的“方法”下拉列表中选择“刀轨”，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-31 所示的“径向切削驱动方法”对话框。该对话框有“驱动几何体”“驱动设置”和“预览”3 个选项。

- “驱动几何体”用于选择或编辑径向边界或者临时边界。
- “驱动设置”用于指定所选择的驱动方法中的一些其他参数，如“切削类型”“切削方向”“步距”“条带”和“刀轨方向”。



图 5-31 “径向切削驱动方法”对话框

条带用于控制在边界平面上测量的加工区域的总宽度，有“材料侧的条带”和“另一侧的条带”。径向切削驱动方法所加工的区域范围是由材料侧的条带与另一侧的条带所限定的；区域范围是“材料侧的条带”和“另一侧的条带”偏置值的总和。“材料侧的条带”是从按照边界指示符的方向看过去的边界右手侧，“另一侧的条带”是左手侧。“材料侧的条带”和“另一侧的条带”的总和不能等于零。

"刀轨方向"用于定义刀具沿着边界移动的方向，有"跟随边界"和"边界反向"两个方向。"跟随边界"是指刀具沿着边界方向移动，"边界反向"是指刀具沿着与边界相反的方向移动。

5.2.9 清根驱动方法

清根驱动是使得系统产生沿着部件几何体的凹形状分布的刀轨，常用于加工模型底部的凹角。系统基于双相切接触点原理和部件几何体曲面间的凹角来确定在何处将会产生清根刀轨。也就是说，要产生清根刀轨，首先部件几何体曲面必须形成一个内凹角，形成内凹角的曲面不必是相邻的两个曲面，然后刀具必须在两个不同点处分别相切接触部件几何体曲面。

清根驱动方法沿着零件面的凹角和凹谷生成驱动点，这个驱动方法能查找零件几何体在前步操作中刀具没有到达的区域，可以按任何顺序选择表面。如果希望简单，可以选择零件上的所有表面，由系统决定利用哪些表面。

清根加工常用来在前面加工中使用了较大直径的刀具而在凹角处留下较多残料的加工，另外清根切削也常用来在精加工前做半精加工，以减缓加工时转角带来的不利影响。

清根切削的方向和次序由加工的规则所决定，也可以通过手工组合来调整加工次序。刀轨将尽可能以最小的非切削移动来切削零件，并以此来优化刀轨。

在"固定轴轮廓铣"工序对话框中，"驱动方式"选项组下的"方法"下拉列表中选择"清根"，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击"确定"按钮，系统弹出如图 5-32 所示的"清根驱动方法"对话框。该对话框有"驱动几何体""驱动设置""陡峭空间范围""非陡峭切削""陡峭切削""参考刀具"和"输出"7 个选项。



图 5-32 "清根驱动方法"对话框

1．驱动几何体

"驱动几何体"用于定义驱动几何体，有"最大凹度""最小切削长度"和"连接距离"3 个参数需要设置。

（1）最大凹度

"最大凹度"用来指定清根切削刀轨生成所基于的凹角，刀轨只有在那些等于或者小于最大凹角的区域生成。所输入的凹角值必须小于 179°，并且是正值。当刀具遇到那些在零件面上超过了指定最大值的区域时，刀具将回退或转移到其他区域。

（2）最小切削长度

"最小切削长度"能排除在零件面上的分隔区形成的短的刀位轨迹段。当该刀位轨迹段的长度小于所设置的最小切削深度时，在该处将不生成刀轨。这个选项在排除原角的交线处产生的非常短的切削移动是非常有效的。

（3）连接距离

“连接距离”把断开的切削轨迹连接起来，排除小的不连续刀位轨迹或者刀位轨迹中不需要的间隙。这些小的不连续的轨迹对加工走刀不利，它的产生可能是由于零件面之间的间隙造成的，或者是由于凹槽中变化的角度超过了指定值而引起的。输入的数值决定了连接刀轨两端点的最大跨越距离。两个端点连接是通过线性地扩展两条轨迹得到的。

2．驱动设置

“驱动设置”用于定义所选择的驱动方法中的“清根类型”参数，有“单刀路”“多刀路”和“参考刀具偏置”3 种方式。

1）单刀路：沿着凹角与沟槽产生一条单一刀具路径。使用单一路径形式时，没有附加参数选项被激活。

2）多刀路：通过指定偏置数目以及相邻偏置的横向距离，在清根中心的两侧产生多道切削刀具路径。

3）参考刀具偏置：参考刀具驱动方法通过指定一个参考刀具直径来定义加工区域的总宽度，并且指定该加工区中的步距，在以凹槽为中心的任意两边产生多条切削轨迹。可以用“重叠距离”选项，沿着相切曲面扩展由参考刀具直径定义的区域宽度。

3．陡峭空间范围

“陡峭空间范围”用于定义陡峭的区域，由“陡角”文本框中的角度数值决定。当加工区域的陡角大于所设定的陡角值时，系统才会生成清根刀轨。

4．非陡峭切削

“非陡峭切削”用于定义非陡峭区域的切削参数，有“非陡峭切削模式”“切削方向”“步距”和“顺序”4 个选项。

1）非陡峭切削模式：用于定义非陡峭区域的切削参数，有“单向”“往复”“往复上升”“单向横向切削”“往复横向切削”“往复上升横向切削”“深度加工单向”“深度加工往复”和“深度加工往复上升”9 种方式。

2）切削方向：用于定义刀具切削运动的方向，有“混合”“顺铣”和“逆铣”3 种方式。

3）顺序：用于定义刀轨的顺序，决定切削轨迹被执行的次序。有“由内向外”“由外向内”“后陡”“先陡”“由内向外交替”和“由外向内交替”6 个选项。

- 由内向外：刀具由清根切削刀轨的中心开始，沿凹槽切第一刀，步距向外一侧移动，直到这一侧加工完毕。然后，刀具回到刀轨中心，沿凹槽切削，步距向另一侧移动，直到这一侧加工完毕。用户可以选择从哪一侧开始切削。
- 由外向内：刀具由清根切削刀轨的一侧边缘开始切削，步距向中心移动，直到这一侧加工完毕。然后，刀具回到刀轨一侧边缘，步距向中心移动，直到这一侧加工完毕。用户可以选择哪一侧先开始切削。
- 由内向外交替：刀具由清根刀轨的中心开始，沿凹槽切第一刀，步距向外一侧移动，然后刀具在两侧间交替向外切削。
- 由外向内交替：刀具由清根切削刀轨的边缘开始切削，步距向中心移动，然后刀具在两侧间交替向内切削。
- 后陡：一种单向切削，刀具由清根切削刀轨的一侧（非陡壁处）移向另一侧（陡

壁处)，刀具穿过中心。

- 先陡：一种单向切削，刀具由清根切削刀轨的一侧（陡壁处）移向另一侧（非陡壁处)，刀具穿过中心。

5．陡峭切削

“陡峭切削”用于定义陡峭区域的切削参数，其中部分参数与非陡峭切削的用法是一样的。

“陡峭切削方向”用于定义刀具切削运动的方向，有“混合”“高到低”和“低到高”3种方式。

- “混合”：系统将自动计算刀具由高到低和由低到高交替运动生成最短路径的刀具轨迹。
- “高到低”：刀轨由刀具从高端到低端运动生成，且刀具从高处到低处进行自动清根操作。
- “低到高”：刀轨由刀具从低端到高端运动生成，且刀具从低处到高处进行自动清根操作。

6．参考刀具

当“清根类型”下拉列表选择“参考刀具偏置”时，“清根驱动方法”对话框会多一个“参考刀具”选项卡，用于选择或创建需要参考的刀具和输入“重叠距离”。

重叠距离是指扩展通过参考刀具直径沿着相切面所定义的加工区域的宽度。清根铣削中，建议使用球头刀，而不用平底刀或者牛鼻刀，因为使用平底刀或者牛鼻刀很难获得理想的刀具路径。在清根操作中，刀具必须与零件几何的两个表面在不同点接触。如果零件几何表面曲率半径大于刀具刀尖圆角半径，则无法产生双线的接触点，也就无法生成清根切削刀具半径。

7．输出

“输出”用于定义切削顺序。在“清根驱动方法”对话框中的“输出”选项卡，将切削顺序设置为自动时，则系统将自动确定各个凹角的清要切削顺序。如果将切削顺序设置为用户定义，当产生刀轨时，系统将弹出如图 5-33 所示的“手工装配”对话框，它允许用户根据实际加工意图，对各个凹角的清根刀轨进行重新排序、反向、移除、光顺和剪切等操作。

5.2.10 文本驱动方法

文本驱动方法用于创建以文本驱动。在“固定轴轮廓铣”工序对话框中，“驱动方式”选项组下的“方法”下拉列表中选择“文本”，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-34 所示的“文本驱动方法”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“固定轴轮廓铣”对话框，但是“固定轴轮廓铣”对话框中的“几何体”选项卡下多了“指定制图文本”选项，单击该选项后的“选择或编辑制图文本几何体”按钮A，系统将弹出如图 5-35 所示的“文本几何体”对话框。选择相应的文本，单击“确定”按钮，系统返回到“固定轴轮廓铣”对话框。这时，在设置相应的切削参数时，在“策略”选项卡下应该设置“文本深度”。



图 5-33 “手工装配”对话框

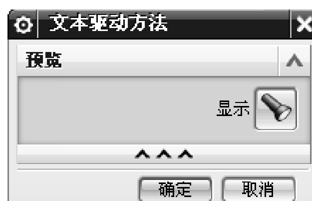


图 5-34 “文本驱动方法”对话框

5.2.11 用户定义驱动方法

用户定义驱动方法用于用户自定义驱动方法。在“固定轴轮廓铣”工序对话框中，“驱动方式”选项组下的“方法”下拉列表中选择“用户定义”，系统会弹出如图 5-3 所示的警告信息，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-36 所示的“用户定义驱动方法”对话框。在该对话框中，用户可以根据实际工件的加工需要，自定义一个固定轮廓铣驱动方法。



图 5-35 “文本几何体”对话框



图 5-36 “用户定义驱动方法”对话框

5.3 固定轴轮廓铣的操作参数设置

5.3.1 刀轴

1．刀轴

刀具轴定义固定和可变的刀轴方向。固定刀轴始终平行指定的矢量；可变刀轴则在刀轨

移动时经常改变方向。刀具轴定义为一个矢量，其方向从刀尖指向刀柄。刀具轴可以输入坐标值，选择几何体，定义零件面、驱动面相关联或垂直的矢量来定义。而固定轴轮廓铣只能定义固定的刀具轴。如果没有指定刀具轴，则“+ZM”为默认的刀具轴方向。

2．投影矢量

投影矢量是定义驱动点沿怎样的方向投影到零件面上的，以确定刀具所接触的表面侧。投影矢量的方向决定了刀具接触零件的表面侧，刀具始终位于投影矢量所接触侧的零件表面上。

投影矢量的可用形式决定于驱动方法。投影矢量选项除了清根驱动方法外，对所有的驱动方法都是通用的。一般情况下，固定轴铣加工时，所用的投影矢量应该是刀轴方向。其余选项多在多轴加工时使用。系统提供了多种指定投影矢量的方法，如图 5-37 所示。

不要将投影矢量和刀具轴混淆起来，投影矢量并不一定需要与刀具轴相匹配。

（1）指定矢量

该选项用来指定某一矢量作为投影矢量。当“投影矢量”选项组下的“矢量”下拉列表中选择“指定矢量”，单击“矢量对话框”按钮，系统弹出如图 5-38 所示的“矢量”对话框。供用户选择一种方法指定某一矢量作为投影矢量。



图 5-37　投影矢量



图 5-38 “矢量”对话框

（2）刀轴

该选项用来指定刀轴作为投影矢量，这时系统默认的投影方法，当驱动点向部件几何体投影时，其投影方向与刀轴矢量方向相反，如图 5-39 所示。

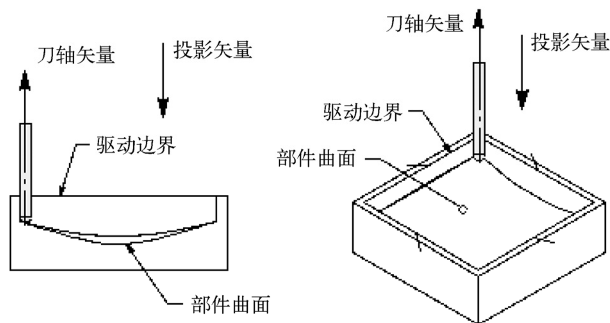


图 5-39 “刀轴”投影矢量

（3）远离点

该选项创建从指定的焦点向“部件表面”延伸的“投影矢量”。此选项可用于加工焦点在球面中心处的内侧球形（或类似球形）曲面，“驱动点”沿着偏离焦点的直线从“驱动曲面”投影到“部件表面”，交点与“部件表面”之间的最小距离必须大于刀具半径。所以该选项一般在加工球体内部表面时使用，这时可以指定球体的中心点为焦点，驱动点将以焦点为中心，从驱动曲面投影到球体内表面上，生成刀具轨迹，如图 5-40 所示。

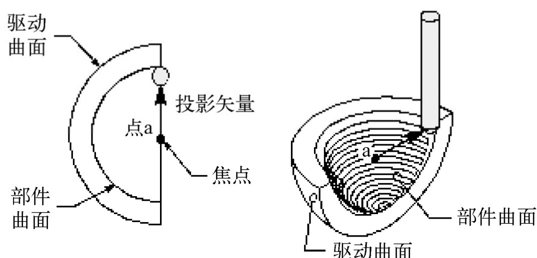


图 5-40 “远离点”投影矢量

（4）朝向点

该选项与远离点选项的用法有些相似，它也用来指定某一点为焦点，投影矢量的方向从部件几何表面开始指向焦点，即以交点为终点，如图 5-41 所示。

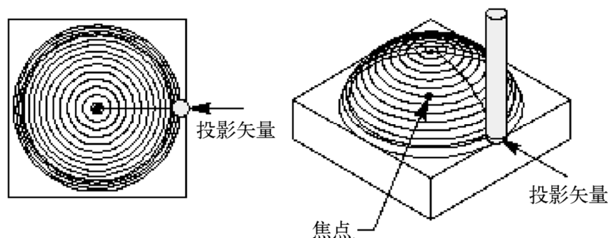


图 5-41 “朝向点”投影矢量

（5）远离直线

该选项创建从指定的直线延伸至部件表面的“投影矢量”，“投影矢量”作为从中心线延伸至“部件表面”的垂直矢量进行计算。该选项有助于加工内部圆柱面，其中指定的直线作为圆柱中心线，刀具的位置将从中心线移到“部件表面”的内侧。“驱动点”沿着偏离所选聚焦线的直线从“驱动曲面”投影到部件表面，聚焦线与“部件表面”之间的最小距离必须大于刀具半径，如图 5-42 所示。

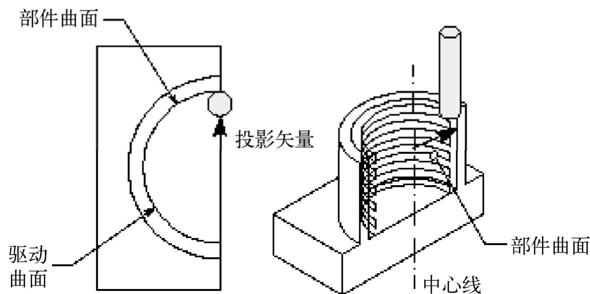


图 5-42 “远离直线”投影矢量

当“投影矢量”选项组下的“矢量”下拉列表中选择“远离直线”时，系统弹出如图 5-43 所示的“远离直线”对话框。该对话框供用户选择矢量和点来确定直线。

（6）朝向直线

该选项用法与远离直线选项的用法有些相似，用于创建从“部件表面”延伸至指定直线的“投影矢量”。当“投影矢量”选项组下的“矢量”下拉列表中选择“远离直线”时，系统弹出如图 5-44 所示的“朝向直线”对话框。该对话框供用户选择矢量和点来确定直线。

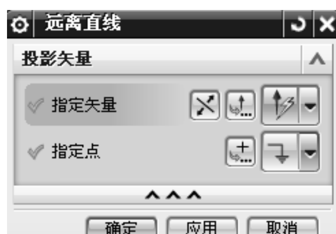


图 5-43 “远离直线”对话框



图 5-44 “朝向直线”对话框

5.3.2 切削参数

切削参数是指刀具进行切削运动的参数，它影响每一种驱动方法。单击操作对话框的“切削”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 5-45 所示的“切削参数”对话框。在该对话框中有“策略”“多刀路”“余量”“拐角”“安全设置”“空间范围”和“更多”7 个选项卡，依次单击这些选项卡后又会出现相应的对话框，每个对话框又有相应的选项设置。

在对话框中，部分参数是与平面铣或型腔铣相同的，而部分参数则是固定轴轮廓铣专有的参数，以下对切削的各个选项逐个进行说明。

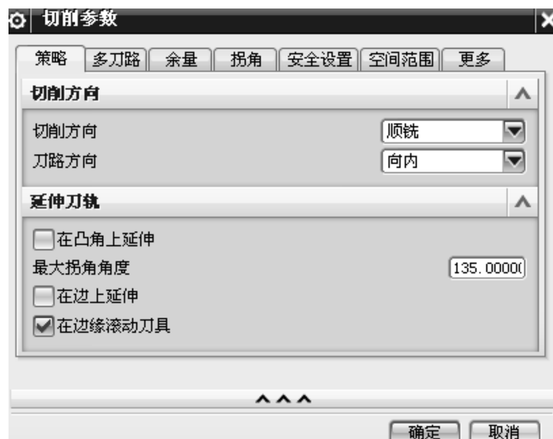


图 5-45 “切削参数”对话框

1．延伸刀轨

延伸刀轨用来指定刀具在切削加工过程中，经过内部凸缘时的处理方式。它可以进一步控制刀具轨迹，避免刀具经过内部凸缘时停留在凸角上。如图 5-45 所示，延伸刀轨在“策略”选项卡中，有两种方式：在凸角上延伸和在边上延伸。

1）在凸角上延伸：用于避免刀具切削内部突出边缘时停留在凸角处。选中该选项，刀具路径从零件几何上抬起一个小距离，并延伸至凸角端点的高度，当刀具切削到凸角端点的高度时，就直接将刀具移动到凸角的另一端，从而避免退刀、跨越与进刀等非切削刀具运动。选中该选项时也可以在下方的“最大拐角角度”文本框中指定最大的拐角角度，当凸角度大于该值时，刀具路径不再延伸。

2）在边上延伸：用于避免刀具切削外部边缘时停留在边缘处。选中该选项，刀具路径从零件几何上抬起一个小距离，并延伸出一段长度，就直接将刀具移动到凸角的另一侧，从而避免退刀、跨越与进刀等非切削刀具运动。选中该选项时，可以用刀具直径的百分比值或者直接指定值来定刀具路径在边上的延伸长度。

3）在边缘滚动刀具：在边缘滚动刀具用来决定是否删除边界跟踪。边界跟踪产生的边缘通常是在驱动路径超出零件几何边缘时所发生的不利情况，因为刀具边缘向下滚过时，可能造成过切。打开或关闭删除边界跟踪可以直接控制边缘刀具轨迹的出现。

这种超出边界的刀具路径部分其实是不产生任何作用的，即使不产生过切，这一边界也是多余的切削，在绝大多数情况下，应该激活删除边界跟踪。

2．多重深度切削

多重深度切削用于分层逐次切削零件材料。切削层在零件面的一个偏置面上产生，而不是由零件面上刀轨的 Z 向偏移得到。它的设置在“固定轴轮廓铣”对话框中的切削参数选项中，如图 5-46 所示为“多重深度切削”选项。在切削层的计算中，直接从零件表面上开始计算，忽略所定义的零件余量。多重深度切削有两个选项：增量和刀路。

用户所定义的内、外公差只用于最后一层刀轨上，而其上层刀轨的内、外公差值为本切削层零件面距离的十分之一（由系统计算）。但是，如果系统计算而得的公差大于切削层增量值的一半，那么，系统将采用增量值的一半作为公差值；如果系统计算而得的公差值小于用户定义的公差值，系统将采用户定义的公差值工作，这样，防止了系统使用过大或者过小的公差值。

如果在“非切削运动”对话框中设置进刀选项为手工，则切削层之间的转移运动能被最小化。在结束一个切削层的切削后，刀具将退刀至上一切削层加外公差值高度，然后进行转移运动至下一切削层的进刀位置高度，再进行下一层的切削。

1）增量：用于指定各路径层之间的间距，选定该选项后，在下方的“增量”文本框内输入增量值后，系统用加工余量偏置值除以增量值得到需要加工的层数，若输入值为 0，则只生成一层刀具路径，若计算得到的层数不是整数，系统将自动将最后的不足一层的距离当做一层来加工。

2）刀路：用于指定路径的总层数，选择该选项时，需要输入刀路数，系统自动计算增量，即用加工余量偏置值除以输入的刀路数得到余量增量，这个增量是均等的。

如果加工余量偏置为 0，则指定刀路将在精加工位置的同一层内创建指定数量的刀具路径，通常用于精铣后进行光顺加工。

3）部件余量偏置：用于定义部件余量的偏置值，部件余量与部件余量偏置的总和就是工件的余量。

3．余量

在进行固定轴轮廓铣时，对于部件几何、边界几何与检查可分别设置公差及余量，如

图 5-47 所示为“切削参数”对话框中有关余量的选项。



图 5-46 “切削参数”对话框 1



图 5-47 “切削参数”对话框 2

1）部件余量：指在加工后，允许在零件表面四周余留的材料量。在切削参数中定义的部件余量，对于使用自定义余量的零件几何将不起作用。

2）边界内公差/外公差：用于设定边界的内部公差与外部公差值。

3）检查余量：用于指定检查几何体的偏置值，以确保刀具不与检查几何产生干涉。

4．安全设置

安全设置用来定义刀具的进刀 / 退刀距离，给零件增加一个扩展的安全区，使刀具的刀柄上的任何部分上下不至于碰到零件上，如图 5-48 所示。

1）部件几何体：用于设置部件几何体的参数，有“刀具夹持器”“刀柄”和“刀颈”3 个参数。

2）检查安全间距：定义刀具与检查几何的距离，主要是为了防止刀具或刀柄与检查几何干涉。

5．切削步长

切削步长是指在零件几何上、刀具定位点间切削方向的直线距离。切削步长距离越小，所产生的刀具路径越接近零件几何表面，产生的切削轮廓就越精确。该下拉列表框包括“%刀具”与“mm”等两种情况，如图 5-49 所示。



图 5-48 “切削参数”对话框 3



图 5-49 “切削参数”对话框 4

1）%刀具。用刀具直径的百分数来定义切削步距。直接在“最大步长”文本框中输入百分值，再在后面的下拉列表中选择“%刀具”。

2）mm。通过指定驱动点间的最大距离来定义切削步距。直接在“最大步长”文本框中输入最大步长长度，再在后面的下拉列表中选择“mm”。

6．倾斜

该选项用来指定刀具在切削工件时的斜向角度，即斜向上角和斜向下角，如图 5-49 所示。

斜向上角度/斜向下角度允许指定刀具上坡和下坡角度移动的极限值。角度是从垂直刀轴的平面上测量的。斜向下角度的角度值从 0° 到 90°，如图 5-49 所示为“斜向上角”和“斜向下角”文本框。

斜向上角度需要输入一个从 0～90 的角度值。输入的值允许刀具在从零度（垂直于固定刀具轴的平面）到指定值范围内的任何位置向上倾斜。如图 5-50 所示为斜向上角度情况。

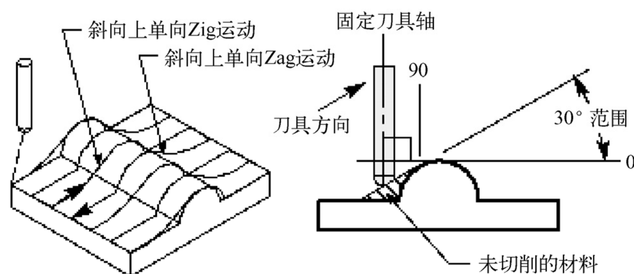


图 5-50 斜向上角度

当零件轮廓和刀具形状限制了材料的数量，使用斜向下角度可以安全地对零件进行切削。换句话说，它能预防刀具掉入小凹槽中，这种凹槽将在后续操作中单独加工。那些低于斜向下角度的刀具位置点将沿着刀具轴方向抬升至切削层，如图 5-51 所示为预防刀具掉入小凹槽中。

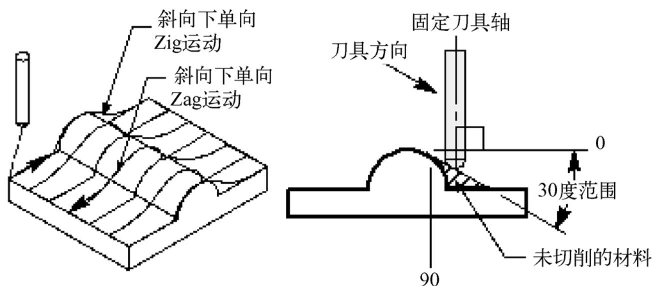


图 5-51 斜向下角度

当使用斜向上角度/斜向下角度时，它有 3 个小选项：应用于步距、优化轨迹和延伸至边界。

1）应用于步距：此选项使斜向下角度可以应用在步距移动中。如图 5-52 所示，斜向下角度为 45°，上坡角度设置为 90°。当激活此选项时，和往复式移动一样，斜向下角度将应用于步距移动中。下坡的轨迹和步距被限制在 0°～45° 的区域间。

2）优化轨迹：此选项使系统重新计算轨迹，刀具尽可能地保持与零件面接触，而使在

轨迹之间的非切削运动距离最少。此选项只有在单向和往复式切削模式下，而且斜向上角度设置为 0°～10° 时有效。

3）延伸至边界：当创建仅向上或者仅向下的切削时，此选项延伸切削轨迹的末端至零件边界。当把仅向上设置为关时（假如此时斜向下角度为 0°），每条刀路切削到零件的顶部就停止了；当把仅向上设置为开始时，每条刀路切削方向延伸至零件边界。当把仅向下设置为关时（假如此时斜向下角度时 0°），每条刀路从零件的顶部开始切削；当把仅向下设置为开时，每条刀轨延伸至零件边界开始切削。

7. 清理

清理几何体选项用于产生点、边界或曲线，以便加工后辨认残留在凹槽与陡峭表面上的未切削材料。产生的清理几何体，可以在后续的精加工操作中切除。在“切削参数”对话框中，单击“清理几何体”后的“清理几何体”按钮，系统弹出如图 5-53 所示的“清理几何体”对话框。对话框中上半部分用于指定系统辨认的未切削区域的类型及参数，下半部分选择用于设置创建的清理几何类型以及相关的参数。

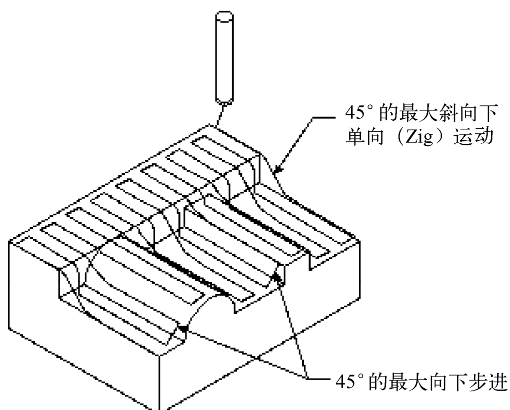


图 5-52　应用于步距



图 5-53 “清理几何体”对话框

只是在“固定轴轮廓铣”工序对话框采用除清根以外的驱动方法创建刀具路径时，才会计算清理几何体，而用操作工具条创建刀具路径则不会计算清理几何体。

5.3.3 非切削运动

非切削运动是描述刀具在切削运动以前、以后及切削过程中是怎样移动的。这些运动与平面铣中的避让几何体和进刀/退刀运动有相似之处，都属于非切削运动。在操作对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 5-54 所示的“非切削运动”对话框。

在本书的第 4 章对非切削运动已经介绍过，在固定轴轮廓铣工序中，与其他操作中的非切削运动有很多相似的地方，本节只介绍不同的地方。



图 5-54 “非切削移动”对话框 1

1．进刀

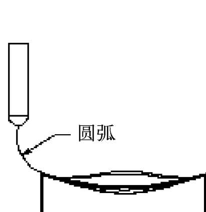
在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，对话框如图 5-54 所示。其中包括“开放区域”“根据部件 / 检查”和“初始”3 个选项。

（1）开放区域的进刀类型

开放区域进刀类型用于控制工件开放区域的进刀运动类型。固定轴轮廓铣工序中的开放区域进刀类型多了圆弧-平行于刀轴、圆弧-垂直于刀轴、圆弧-相切逼近、圆弧-垂直于部件。

1）圆弧-垂直于部件：用于指定进刀类型与切削时两相切的圆弧，利用进刀（退刀）矢量与切削矢量来定义一个包含圆弧刀具运动的平面，圆弧末尾始终与切削矢量均相切，如图 5-55 所示。当选择该类型后，可以在“半径”“圆弧角度”和“线性延伸”文本框中输入具体的参数。

2）圆弧-平行于刀轴：用于指定开放区域进刀类型与刀轴平行的圆弧。利用进刀（退刀）矢量与刀轴矢量来定义一个包含圆弧刀具运动的平面，圆弧运动可以不必与切削矢量切削，如图 5-56 所示。当选择该类型后，可以在“半径”“圆弧角度”“旋转角度”和“线性延伸”文本框中输入具体的参数。



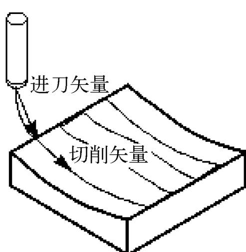


图 5-55 “圆弧-垂直于部件”进刀

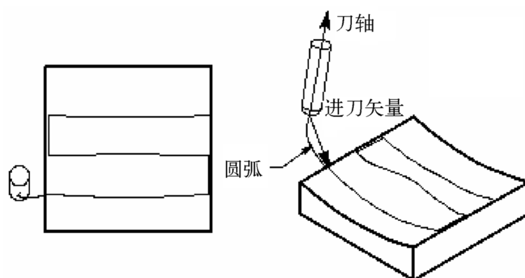


图 5-56 “圆弧-平行于刀轴”进刀

3）圆弧-垂直于刀轴：用于指定开放区域进刀类型与刀轴垂直的圆弧。利用垂直于刀轴的平面来定义一个包含圆弧刀具运动的平面，圆弧运动垂直于刀轴但可以不必与切削矢量相切，如图 5-57 所示。当选择该类型后，可以在“半径”“圆弧角度”“斜坡角”和“线性延伸”文本框中输入具体的参数。

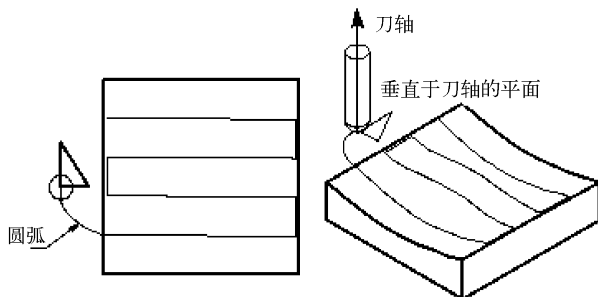


图 5-57 “圆弧-垂直于刀轴”进刀

4）圆弧-相切逼近：用于指定开放区域进刀类型与逼近运动相切的圆弧。利用逼近运动末尾的切向矢量和切削矢量来定义一个包含圆弧刀具运动的平面，圆弧运动与逼近运动和切削矢量均相切，如图 5-58 所示。当选择该类型后，可以在“半径”和“线性延伸”文本框中输入具体的参数。

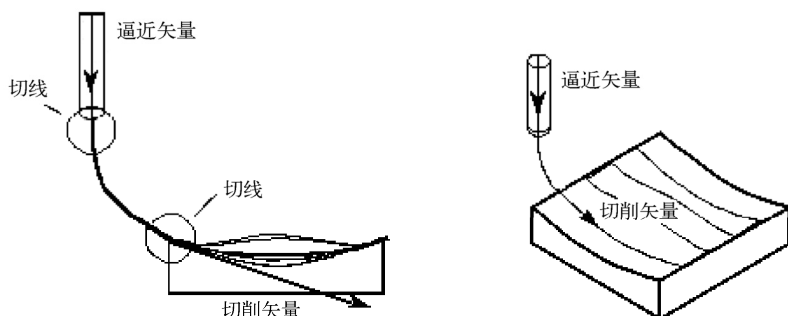


图 5-58 “圆弧-相切逼近”进刀

（2）根据部件 / 检查的进刀类型

相对部件 / 检查的进刀类型以部件几何体和检查几何体来参考对象确定进刀类型。共有“与开放区域相同”“线性”“线性-沿矢量”“线性-垂直于部件”“插铣”和“无”等进刀类型，这些类型在本书的第 4 章和第 7 章已有介绍。

（3）初始的进刀类型

初始的进刀类型用于指定第一次进刀运动类型，在“初始”选项组下的“进刀类型”下拉列表与“开放区域”选项组下“进刀类型”下拉列表基本相同，读者可以参照开放区域的进刀类型。

2．退刀

在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡，对话框如图 5-59 所示。其中包括“开放区域”“根据部件 / 检查”和“最终”等 3 个选项。其设置退刀运动形式，设置方法与进刀相似，读者可以参照进刀的设置。

3．传递 / 快速

在“非切削移动”对话框中，单击“传递 / 快速”选项卡，对话框如图 5-60 所示。其中包括“区域距离”“公共安全设置”“区域之间”“区域内”“初始和最终”和“光顺”6 个选项。主要用来设置安全平面，控制刀具在切削区域内部和切削区域之间的横越运动方式，其中许多选项在本书的第 4 章已有介绍，下面只介绍不同的地方。



图 5-59 “非切削移动”对话框 2



图 5-60 “非切削移动”对话框 3

（1）区域距离

区域距离用于控制两个切削区域之间的距离，它既可以单独输入长度参数，也可以刀具直径作为参考设置距离的大小。

（2）公共安全设置

公共间隙主要通过“安全设置选项”下拉列表来定义安全平面，确定安全平面的具体位置，下拉列表包括“使用继承的”“无”“自动平面”“平面”“点”“包容圆柱体”“圆柱”“球”和“包容块”等类型。

1）点：允许通过使用点构造器子功能将关联或不关联的点指定为安全几何体，如图 5-61 所示。

2）平面：允许通过使用平面构造器子功能将关联或不关联的平面指定为安全几何体，如图 5-62 所示。

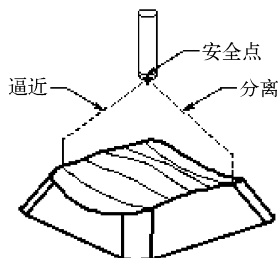


图 5-61　安全点

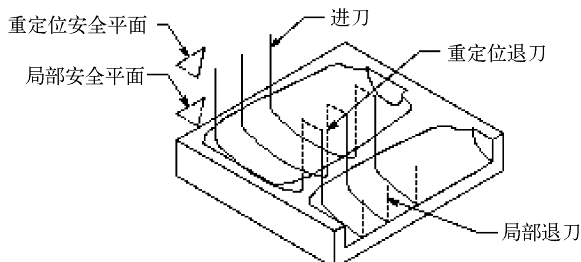


图 5-62　安全平面

3）圆柱：允许通过输入半径值和指定中心，并使用“矢量子功能”指定轴，从而将圆柱指定为安全几何体，此圆柱的长度是无限的，如图 5-63 所示。

注意：除了对圆柱的进刀和退刀外，进刀和退刀之间的移刀会沿着圆柱的几何轮廓运动。

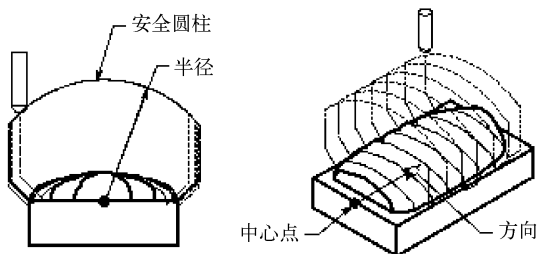


图 5-63　安全圆柱

4）球：允许通过输入半径值和指定球心来将球指定为安全几何体，如图 5-64 所示。

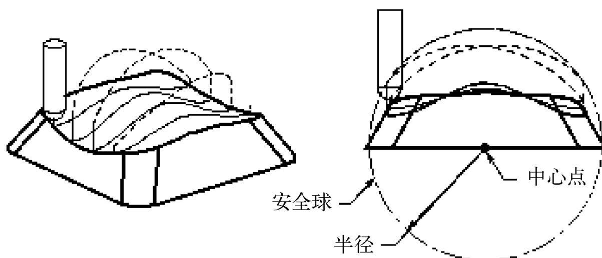


图 5-64　安全球

注意：除了对球的进刀和退刀外，进刀和退刀之间的移刀会沿着球的几何轮廓运动。

（3）区域之间 / 区域内

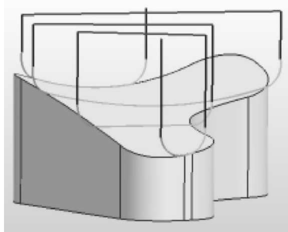
区域之间 / 区域内分别用来控制刀具在切削区域之间 / 切削区域内部的逼近、分离和移刀等运动形式，如图 5-65 所示。不同的区域类型和空间位置，可以设置多种具体的刀具运动形式。

（4）光顺

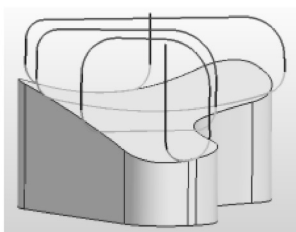
光顺构造成一系列接近圆弧的跨越运动，并相切于退刀与进刀序列，“光顺”下拉列表中有“开”和“关”两个选项，“开”和“关”的结果如图 5-66 所示。当选择“开”时，可以在“光顺半径”文本框中输入光顺圆弧的半径值。



图 5-65 “非切削运动”对话框 4



关



开

图 5-66 光顺

4．更多

在“非切削运动”对话框中，单击“更多”选项卡，对话框如图 5-67 所示。其中包括“碰撞检查”和“输出接触数据”两个选项，一般情况下，两个都选中。

碰撞检查用来使系统检测刀具横越运动时与部件几何体和检查几何体是否会发生碰撞。在碰撞检查时，系统将所有可用的余量和安全距离都累加到部件和检查几何体模型上，再去做碰撞检查，并且检测到碰撞情况后，会在刀轨生成过程中弹出一个警告对话框，用来提醒用户是否确认相应的刀轨。



图 5-67 “非切削移动”对话框 5

5.4 固定轴轮廓铣加工实例

5.4.1 实例 1——倒圆处精加工

1．创建工序

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开”对话框，选择本书光盘中的 “X: / 5 / 5_1.prt”文件，单击“OK”按钮。进入加工环境，选择菜单“开始”→“加工”命令。

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 5-68 所示的“创建工序”对话框。按图 5-68 所示设置各选项：

- “类型”下拉列表中选择“mill_contour”；
- “工序子类型”选择“非陡峭区域轮廓铣”，即图标为；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“MILL_GEOM_1”；
- “刀具”下拉列表中选择“D6R_L30”；
- “方法”下拉列表中选择“METHOD”；
- “名称”文本框中输入 B1。

设置完后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 5-69 所示的“轮廓区域非陡峭”对话框。



图 5-68 “创建工序”对话框



图 5-69 “轮廓区域非陡峭”对话框

2．设置驱动方式

在“轮廓区域非陡峭”对话框中，单击“驱动方法”选项下的“编辑”按钮，系统弹出如图 5-70 所示“区域铣削驱动方法”对话框。按图 5-70 所示设置各选项：

- “陡峭空间范围”选项下的“方法”下拉列表中选择“非陡峭”；
- “陡角”文本框中输入 60；
- “驱动设置”选项下的“切削模式”下拉列表中选择 单向；
- “切削方向”下拉列表中选择“顺铣”；
- “步距”下拉列表中选择“恒定”；
- “最大距离”文本框中输入 0.08；
- “步距已应用”下拉列表中选择“在平面上”；
- “切削角”下拉列表中选择“指定”；

- “与 XC 的夹角”文本框中输入 0；
- 其他参数和选项采用默认值。

单击“确定”按钮，系统退回到“轮廓区域非陡峭”对话框。

3．设置切削参数

单击“轮廓区域非陡峭”对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 5-71 所示的“切削参数”对话框。



图 5-70 “区域铣削驱动方式”对话框

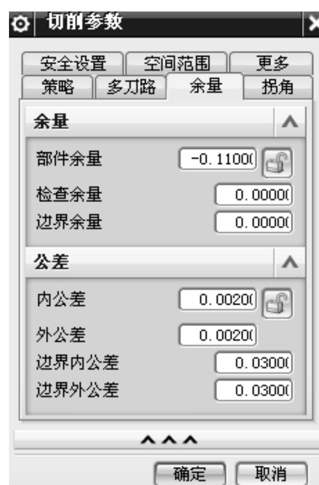


图 5-71 “切削参数”对话框 1

1）单击“余量”选项卡，按如图 5-71 所示设置各项参数：

- “部件余量”文本框中输入-0.11；
- “内公差”和“外公差”文本框中输入 0.002；
- 其他选项依照默认值设定。

2）单击“安全设置”选项卡，按如图 5-72 所示设置各项参数：

- “过切时”下拉列表中选择“警告”；
- 其他选项采用默认值设定。

3）单击“更多”选项卡，按如图 5-73 所示设置各项参数：

- “最大步长”文本框中输入 0.2，单位选择“mm”；
- 其他选项采用默认值设定。



图 5-72 “切削参数”对话框 2



图 5-73 “切削参数”对话框 3

“切削参数”对话框中的其他选项不需要设置，单击“确定”按钮，系统返回到“轮廓区域非陡峭”对话框。

4．设置非切削参数

在“轮廓区域非陡峭”工序对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，统弹出如图 5-74 所示的“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削移动参数。

（1）设置进刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按如图 5-74 所示设定各参数。

- “进刀类型”下拉列表中选择“插削”；
- “进刀位置”下拉列表中选择“距离”；
- “直高度”文本框中输入 0.5，单位选择“mm”；
- 其他参数采用默认值。

（2）转移/快速

在“非切削移动”对话框中，单击“转移/快速”选项卡，如图 5-75 所示。单击“区域之间”选项组将其展开，然后单击“逼近”按钮将其展开，“逼近方法”下拉列表中选择“安全距离-刀轴”，“安全设置选项”下拉列表中选择“平面”，然后单击“指定平面”后的“平面对话框”按钮，系统弹出如图 5-76 所示的“平面”对话框，然后选取如图 5-76 所示的零件模型的上表面，在“距离”文本框中输入 3，单击“确定”按钮，系统返回到“非切削移动”对话框中。用上述同样的方法设置“区域之间”的“离开”和“移刀”的方法。用同样的方法设置“区域内”的“逼近”“离开”和“移刀”的方法。“初始和最终”选项下的“逼近”和“离开”中的方法选择“与区域之间相同”。



图 5-74 “非切削移动”对话框 1



图 5-75 “非切削移动”对话框 2



图 5-76 “平面”对话框和选取的上表面

（3）设置避让

在“非切削移动”对话框中，单击“避让”选项卡。单击“出发点”选项，将其展开，如图 5-77 所示，在“点选项”下拉列表中选择“指定”，然后单击“指定点”后的“点对话框”按钮，系统弹出“点”对话框。输入坐标（0,0,30），单击“确定”按钮，系统返回到“非切削移动”对话框。“回零点”选项下的“点选项”下拉列表中选择“与起点相同”如图 5-77 所示。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“轮廓区域非陡峭”对话框。

5．设置进给率和速度

在“轮廓区域非陡峭”工序对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出如图 5-78 所示的“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。



图 5-77 “非切削移动”对话框 3



图 5-78 “进给率和速度”对话框

在“主轴速度”文本框中输入 2800，单击“主轴速度”选项组下的“设置”选项组，将“主轴速度”选项组下的“设置”选项组展开，“输出模式”下拉列表框中选择“RPM”，“方向”下拉列表框中选择“顺时针”。

“切削”文本框中输入 3200；单击“快速”按钮将其展开，“输出”下拉列表中选择“G1-进给模式”，“快速进给”文本框中输入 8000，单位选择“mmpm”。单击“更多”按钮将其展开，“逼近”选择“快速”；“进刀”文本框中输入 400，单位选择“mmpm”；“移刀”文本框中输入 8000，单位选择“mmpm”；“退刀”文本框中输入 400，单位选择“mmpm”。单击“确定”按钮，系统返回到“轮廓区域非陡峭”对话框。

6．产生刀具路径

1）单击“操作”选项中的“生成”按钮，生成刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 5-79 所示。

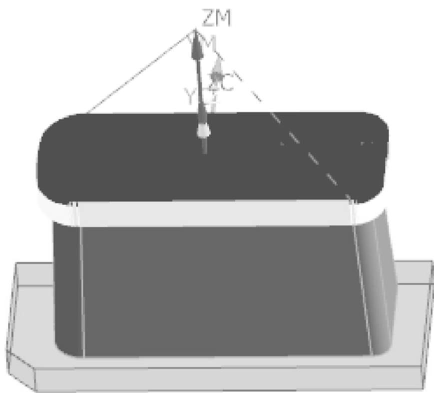


图 5-79　倒圆处精加工刀具路径

5.4.2 实例 2——倒圆处精加工

1．打开文件并进入加工环境

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开”对话框，选择本书光盘中的 “X: / 5 / 5_2.prt”文件，单击“OK”按钮。进入加工环境，选择菜单“开始”→“加工”命令。

2．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出现如图 5-80 所示的“创建工序”对话框。按图 5-80 所示设置各选项：

- “类型”下拉列表中选择“mill_contour”；
- “工序子类型”选择“固定轮廓铣”，即图标为；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“MCS”；
- “刀具”下拉列表中选择“D10R5”；
- “方法”下拉列表中选择“MILL_FINISH”；

● “名称”文本框中输入 FIXED_FIN。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 5-81 所示的“固定轮廓铣”对话框。



图 5-80 “创建工序”对话框



图 5-81 “固定轮廓铣”对话框

3．指定部件几何体

单击“固定轮廓铣”对话框中的“几何体”选项组将其展开，然后单击“指定部件”后的“选择或编辑部件几何体”按钮，系统弹出如图 5-82 所示的“部件几何体”对话框，选择零件模型，单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。



图 5-82 “部件几何体”对话框

4．确定驱动方式

在“固定轴轮铣”对话框中，“驱动方法”选项组下的“方法”下拉列表中选择“边界”，系统弹出如图 5-83 所示的“边界驱动方法”对话框。单击“指定驱动几何体”后的“选择或编辑驱动几何体”按钮，系统弹出如图 5-84 所示的“边界几何体”对话框。“模式”下拉列表中选择“边界”，系统弹出如图 5-85 所示的“创建边界”对话框。“刀具位置”下拉列表中选择“对中”；选取如图 5-86 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。再单击“确定”按钮，系统返回到“边界驱动方法”对话框。最后设置各项参数，按图 5-83 设置各选项：



图 5-83 “边界驱动方法”对话框



图 5-84 “边界几何体”对话框



图 5-85 “创建边界”对话框

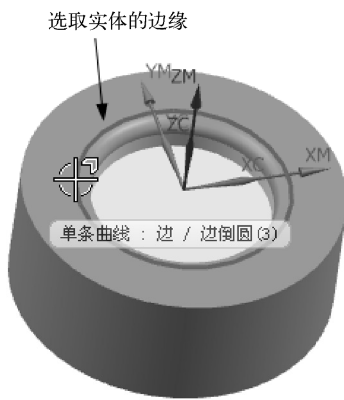


图 5-86 选取的实体边缘

- “空间范围”选项组下的“部件空间范围”下拉列表中选择“最大的环”;
- “切削模式”下拉列表中选择✳ 径向往复;
- “刀路方向”下拉列表中选择“向内”;
- “阵列中心”下拉列表中选择“自动”;
- “切削方向”下拉列表中选择“顺铣”;
- “步距”下拉列表中选择“恒定”;
- “距离”文本框中输入 0.2;
- 其他选项采用默认值。

单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

5. 设置切削参数

在“固定轮廓铣”工序对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 5-87 所示的“切削参数”对话框。

1）选择“策略”选项卡，按如图 5-87 所示设置各项参数：

- 勾选“在边缘滚动刀具”复选框；
- 勾选“在边上延伸”复选框；
- “距离”文本框中输入“30”，单位选择%刀具；
- 其他参数按默认值设置。

2）选择“更多”选项卡，按如图 5-88 所示设置各项参数：

- “最大步长”文本框中输入 1，单位选择“mm”；
- 勾选“优化刀轨”；
- 其他参数按默认值设置。



图 5-87 “切削参数”对话框 1



图 5-88 “切削参数”对话框 2

单击“确定”按钮，系统返回到“固定轴轮廓”对话框。

6．设置非切削运动

在“固定轮廓铣”工序对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 5-89 所示的“非切削移动”对话框。

（1）设置进刀方式

在“非切削运动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按如图 5-89 所示设定各参数。

- “开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“圆弧—相切逼近”；
- 其他两个选项组下“进刀类型”下拉列表中选择“与开放区域相同”；
- 其他参数采用默认值。

（2）设置退刀方式

在“非切削运动”对话框中，单击“退刀”选项卡，按如图 5-90 所示设定各参数。

- “开放区域”选项组下的“退刀类型”下拉列表中选择“圆弧-相切离开”；
- 其他参数采用默认值。

（3）设置传递 / 快速

在“非切削移动”对话框中，单击“传递 / 快速”选项卡，如图 5-91 所示。单击“区域之间”选项组将其展开，然后单击“逼近”按钮将其展开，“逼近方法”下拉列表中选择“安全距离-刀轴”，“安全设置选项”下拉列表中选择“自动平面”，“安全距离”文本框中输入 3，用同样的方法设置“离开”和“移刀”的方式。再用同样的方法设置“区域内”选项组中的“逼近”“离开”和“移刀”的方式。单击“确定”按钮，系统返回到“非切削移动”对话框。



图 5-89 “非切削移动”对话框 1



图 5-90 “非切削运动”对话框 2

其他选项卡中的参数全部采用默认值。当所有非切削运动参数设置完后，单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

7．设置进给参数

在“固定轮廓铣”工序对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮 ，系统弹出“进给率和速度”对话框。

在“主轴速度”文本框中输入 1500，“切削”文本框中输入 550，单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

8．产生刀具路径

1）单击“操作”选项中的“生成”按钮 ，生成刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 5-92 所示。



图 5-91 “非切削移动”对话框 3

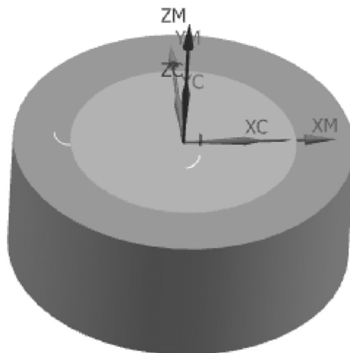


图 5-92 刀具路径

第 6 章　点 位 加 工

6.1　点位加工概述

6.1.1　点位加工的特点

点位加工用来创建钻孔、扩孔、镗孔和攻丝等刀具路径。钻孔加工的程序相对简单，通常可以在机床上直接输入程序语句进行加工，但对于使用 UG NX 8.5 进行编程的工件来说，使用 UG NX 8.5 进行钻孔程序的编制可以直接生成完整程序，使用传输软件将程序输入到机床控制器，可以节省在机床控制器上输入语句而占用机床的时间，缩短辅助时间以提高机床利用率，同时可以降低人工输入可能产生的差错率，这一点在孔的数量较大时尤其明显。另外对某些复杂的工件，其孔的位置分布较复杂，使用 UG NX 8.5 可以生成一个程序完成所有孔的加工，而使用手工编程的方式较难实现。

点位加工包括钻孔、镗孔、扩孔、铰孔、点焊和铆接等，UG NX 8.5 的加工应用可为各种点位加工操作创建刀具路径。点位加工的刀具运动由 3 部分组成：首先刀具快速定位在加工位置上，然后切入零件，最后完成切削后退回。

点位加工的技术要点：

1）在钻孔加工时，需要考虑到钻头的顶部是不平的，需要增加一定的深度值。

2）选择加工形式决定了其参考是否有效，如果选择了不正确的钻孔循环方式，那么所设置的部分参数将可能是无效的。

3）数控铣或者加工中心上不适于加工极深的孔。

4）在钻孔加工前一般要先用中心钻或球头刀钻出引导孔，特别是在斜面上钻孔时。否则，钻头极易偏离中心，严重时甚至会导致钻头折断。

5）钻孔加工或者镗孔加工时，一定要注意排屑问题，保证切屑不会挤死。

在点位加工中，操作安全点是每个切削运动的起点和终点，也是进刀、退刀、避让、快速移刀等辅助运动的起点和终点。

通常，刀具将以快速或进刀进给率向操作安全点运动，刀具从操作安全点向部件表面上的刀位点运动时，以及切削至指定深度的过程将使用切削进给率，如图 6-1 所示。但是，如果一个循环处于活动状态，系统将使用“循环参数”菜单中指定的循环进给率。

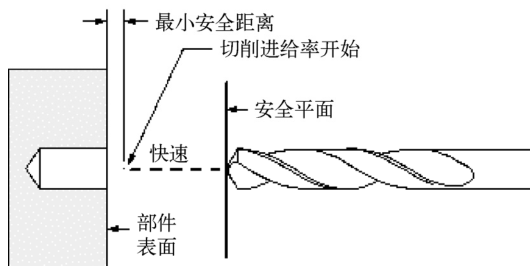


图 6-1　最小安全距离及刀具运动速率

6.1.2 点位加工的适用范围

点到点可以创建钻孔、攻螺纹、镗孔、平底扩孔和扩孔等操作的刀轨，如图 6-2 所示。它的其他用途还包括点焊和铆接操作，以及任何“刀具定位到几何体—插入部件—退刀”类型的操作。

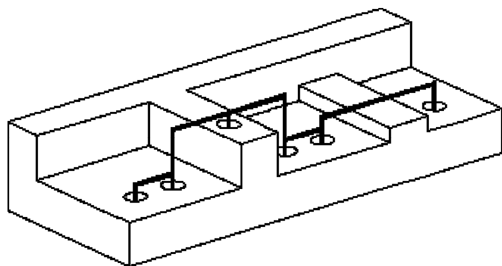


图 6-2　点位加工

系统生成的刀轨信息可以导出生成一个“刀具位置源文件”（CLSF）。通过使用“图形后处理器模块”（GPM），CLSF 可与大多数控制器和机床组合兼容。用户必须保证由 NX 生成的循环命令语句对于用户的后处理器和机床组合有效。

提示：点位加工可以选择多个点作为点位加工几何体。

6.1.3 点位加工的基本概念

1．操作安全点

在点位加工中，操作安全点是每一切削运动点的起点和终点，也是进刀、退刀、避让、快速移动等辅助运动的起点和终点。操作安全点一般位于加工位置的正上方，如果刀轴不垂直零件的表面，该点则在刀轴上。操作安全点到零件加工表面的距离是刀具离开零件加工表面的最小安全距离。如果不指定最小安全距离，系统默认操作安全点在零件加工表面上。

2．加工循环

在点位加工中，为满足不同类型孔的加工要求，需要采用不同的加工方式，如普通钻孔、攻丝和深孔加工等。这些加工方式有的属于连续加工，有的属于断续加工，因此，它们的刀具切削运动过程不同。为满足不同类型孔的加工要求，UG NX 8.5 在点位加工中提供了多种循环类型，控制刀具的切削运动过程，类型相同且直径相同的空可在同一循环类型中加工。

3．循环参数组

对于零件上类型相同且直径相同的孔，其加工方式虽然相同，但由于各孔的深度不同，或者为满足不同的加工精度要求，需要用不同的进给速度加工。因此，在同一循环类型中，需要采用不同参数加工各组深度不同或进给速度不相同的孔。在 UG NX 8.5 点位加工中，这主要是通过在同一循环中指定不同的循环参数组来实现。

循环参数组是在同一循环类型中，为用相同加工参数加工多个具有相同尺寸的孔而指定的一组参数。在刀具路径中，使用同一循环参数组的各加工位置，其加工参数相同。为满足直

径相同而深度或进给量不同的各组孔的加工要求，可以指定多个循环参数组，利用参数循环组，可用同一刀具，在各加工位置用所选循环参数组中设置的参数，加工出深度或进给量不同的各组孔。一般来说，孔直径相同的同类孔，如果有几种不同加工深度，应在统一各加工循环中建立同样数量的循环参数组，但系统只允许在一个加工循环中最多定义 5 个循环组参数。

在建立点位加工操作中，应根据孔的类型尺寸特点，选择一种合适的循环参数，设定循环参数组的个数，并为每个循环参数组设置相关的循环参数。选择加工位置时，需要指定哪些孔使用哪一个循环参数组，系统将这些孔的加工位置与对应的循环参数组联接起来。加工与同一参数组关联的每个孔时，使用相同的循环，使刀具完成相同的动作。

4．刀具运动过程

在点位加工中，刀具首先以快进速度或进刀速度运动到操作安全点；再以切削进给速度运动从操作安全点运动到位于零件加工表面上的加工位置点；然后以切削速度切削到孔的最深处，如果使用加工循环，系统则用循环参数组中定义的进给速度代替切削进给速度；刀具钻削到孔的最深处后，可按要求停驻一定时间，然后以退刀速度或以快进速度退回到操作安全点。如果指定了多个加工位置，刀具再用相同的运动方式加工其他位置上的孔。

6.1.4 创建点位加工的基本步骤

1．创建点位加工操作

首先打开工件，再进入加工环境。在进入加工环境时，系统弹出如图 6-3 所示的“加工环境”对话框，“CAM 会话配置”列表中选择“cam_general”，“要创建的 CAM 设置”列表中选择“drill”，单击“确定”按钮，则系统进入加工环境。

创建点位加工操作所需刀具、加工方法、几何和程序后，可创建点位加工操作。单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，或在菜单中选择“插入”→“工序”命令，系统弹出如图 6-4 所示的“创建工序”对话框。在对话框的“类型”下拉列表框中选择模板零件“drill”，再选择“工序子类型”的钻孔类型，单击“确定”按钮，系统弹出如图 6-5 所示的“钻”对话框。



图 6-3 “加工环境”对话框



图 6-4 “创建工序”对话框



图 6-5 “钻”对话框

“工序子类型”详细说明如表 6-1 所示，共有 14 个子类型图标，它们分别定制各点位加

工操作的参数对话框。在这些加工模板所设定的加工方式中，有些是标准的固定循环方式加工，有些是按固定循环方式加工，但是设定了一定的加工范围等限制条件；另外一些则不是以固定循环方式进行切削加工的。

表 6-1　点位加工“工序子类型”说明

图　标	英　文	中　文	功能说明
	SPOT_FACING	孔加工	用铣刀在零件的表面上扩孔，特别是斜面上钻孔
	SPOT_DRILLING	定心钻	用中心钻钻出定位孔，适用于在平面上钻出孔的中心位置
	DRILLING	钻	普通的钻孔，适用于在平面上钻深度较浅的孔
	PEAK_DRILLING	啄钻	类似于啄木鸟啄食的钻孔，适用于在平面上按啄循环运动钻深孔
	BREAKCHIP_DRILLING	断屑钻	断屑钻孔，适用于在平面上按段削啄式循环运动钻深孔
	BORING	镗孔	用镗刀将孔直径镗大，适用于在平面上对存在的孔进行镗削
	REAMING	铰	用铰刀将孔直径铰大，适用于在平面上对存在的孔进行铰孔
	COUNTERBORING	沉头孔加工	沉孔锪平，适用于在平面上对存在的锪底孔平底埋头孔
	COUNTERSINKING	钻埋头孔	钻锥形沉头孔，适用于在平面上对存在的锪底孔锥形埋头孔
	TAPPING	出屑	用丝锥攻螺纹，适用于在平面上对存在的孔进行攻丝，即加工螺纹
	HOLE_MILLING	孔铣削	使用螺旋式或螺旋切削的方式加工盲孔通孔，适用于在平面上铣削沉头孔或通孔
	THREAD_MILLING	螺纹铣	用螺纹铣刀在铣床上螺纹，适用于在平面上对存在的底孔铣螺纹

2．选择循环类型

在“钻”对话框的“循环”选项下拉列表框中有 14 种循环类型，分别是“无循环”“啄钻”“断屑”“标准文本”“标准钻”“标准钻，埋头孔”“标准钻，孔深”“标准钻，断屑”“标准攻丝”“标准镗”“标准镗，快退”“标准镗，横向偏置后快退”“标准背镗”和“标准镗，手工退刀”等，其中“无循环”实际上一种非循环加工类型。

3．设置一般参数

在“点位加工”工序对话框中设置参数，这些参数都将对刀轨产生影响。在对话框中需要设置最小距离、进给和速度、避让、机床控制和孔深偏置量等参数，这些参数可以影响每一种驱动方法，应根据具体情况进行设置，有些参数可以采用默认值，有些参数必须仔细考虑。很多选项需要通过二级对话框进行参数设置。

4．生成刀路

在“点位加工”工序对话框所有需要设置的参数设置好后，单击对话框底部的“生成”按钮，则可生成刀路。单击“确定”按钮关闭对话框，完成钻孔工序的创建。

6.2　设置点位加工几何

为了创建点位加工刀轨，需要定义点位加工几何体。点位加工几何的设置包括指定孔

、部件顶面和底面3 种加工几何，其中孔为必选项，而部件顶面和底面为可选项，如图 6-6 所示。



图 6-6 “钻”对话框

6.2.1 指定加工位置

在创建点位加工工序时，必须指定点位加工的加工位置。在图 6-6 所示“钻”对话框中，单击“指定孔”后的“选择或编辑孔几何体”按钮，系统弹出如图 6-7 所示的“点到点几何体”对话框。利用此对话框中相应选项可指定点位加工的加工位置、优化刀具路径、指定避让选项等。“点到点几何体”对话框中的各个按钮的含义如下所示。



图 6-7 “点到点几何体”对话框

- 选择：选择圆柱形和圆锥形的孔、圆弧和点，作为钻孔位置。
- 附加：在一组先前选定的点中附加新的点。
- 省略：忽略先前选定的点。
- 优化：重新排列点的钻孔顺序优化刀具路径。
- 显示点：显示“选择”“附加”“省略”或“优化”等完成后的各点位的最终加工顺序和相应编号。
- 避让：定义刀具避让夹具或障碍的动作。
- 反向：颠倒加工点位的排列顺序。
- 圆弧轴控制：显示、反向先前选定的圆弧和片体孔的轴线正向。
- Rapto 偏置：设置快进偏置，即定义刀具快进速度切换成切削速度的切换点。
- 规划完成：完成点位定义，作用与“确定”按钮类似。
- 显示/校核循环参数组：显示/校核每个参数集相关联的点。

1．选择加工位置

单击如图 6-7 所示的“点到点几何体”对话框中的“选择”按钮，系统弹出如图 6-8 所示“选择加工位置”对话框，可选择圆柱孔、圆锥形孔、圆弧或点作为加工位置。选择孔、圆弧和点时有多种方法，即可用鼠标直接在图形窗口中选择，也可在对话框的“名称”文本框中输入对象名称选择已命名的对象，还可用对话框中的相应选项来选择。选择一个或多个加工位置后，单击对话框中的“返回”按钮，可以放弃前一次选择的加工位置，如果单击“确定”按钮则接受所选择的加工位置，下面介绍对话框中常用的选择加工位置的方法。

在进行加工位置选择时，先根据需要改变循环参数组，再定义加工位置。完成点的位置指定时，也可以根据需要改变循环参数组，在继续定义加工位置，也可单击“选择结束”按钮返回到如图 6-7 所示的“点到点几何体”对话框。完成加工位置的定义后在图形窗口显示已定义的加工位置，并且在各加工位置的旁边显示相应的选择序列号，该序列号即为所选位置的加工顺序号，如图 6-9 所示。



图 6-8 “选择加工位置”对话框



图 6-9 点位加工顺序号

（1）一般点

“一般点”选项是用点构造器指定加工位置。在如图 6-8 所示的“选择加工位置”对话框中，单击“一般点”按钮，系统弹出“点”对话框，可指定一点作为加工位置。产生一个点后，在图形窗口显示一个“＊”标记，表示该点的位置。定义各加工位置后，单击“确定”按钮，系统返回到如图 6-8 所示的对话框。

一般点、圆弧以及实体和片体上的孔等几何对象，均可指定为点位加工的加工位置。系统把这些几何对象的中心作为加工位置的位置点，为叙述方便以下简称为加工位置点。选择加工位置时，应注意以下几点：

1）选择片体上的孔作为加工位置时，可以选择片体上的特征孔或者是片体减去圆柱体形成的孔。但片体上的孔必须是整圆，切片体必须是平面片体。

注意：任何用 B 样条曲面定义的片体均不是平面片体。

2）选择点作为加工位置时，点表示孔的中心。可以选择单独的点，也可以选择片体或实体表面上的点。

3）选择实体上的孔作为加工位置时，可以选择特征孔，也可以选择实体减去圆柱体形成的孔。孔的边缘可以倒直角或倒圆角，且不要求孔所在的实体表面是平面。

对于实体上的孔，系统在钻削时除比较刀具直径和孔径外，还会对刀尖与孔的底部锥角进行比较，如图 6-10 所示。图“a”孔：为保证刀尖角与孔的底部锥角重合来计算刀具的最终进给位置；图中“b”孔：因为刀尖角大于孔的底部锥角，故通过刀尖来确定刀具的最终进给位置；图中“c”孔：按“a”孔相同方式确定刀具的最终进给位置。

在如图 6-11 所示的情况下，系统不对刀尖角与孔的锥角进行比较。图中“a”孔考虑上部的锥面；“b”孔不考虑底部的锥面，“c”孔不考虑中部的锥面。

对于实体上的孔，在选择加工位置时，必须选择最上面的边，加工时可用一个负的快速移动位置偏置距离，使刀具快速伸入到孔内，再开始切削加工。如图 6-12 所示，当要钻下面的小孔，应选择最上面的大孔边缘来确定加工位置。



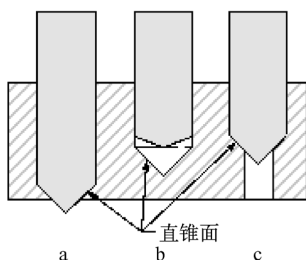


图 6-10　比较 1

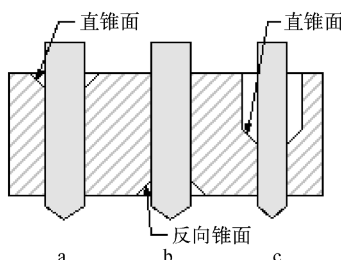


图 6-11　比较 2

（2）面上所有孔

该选项通过选择表面上的所有孔指定加工位置。选择该选项，系统弹出如图 6-13 所示的“所有孔”对话框，可直接在模型上选择表面，则所选表面上各孔的中心指定为加工位置点。如果需要选择表面上某直径范围内的孔，可先单击对话框中的“最小直径”或“最大直径”按钮，指定最小或最大直径，则所选表面上的直径在指定范围内的各孔被指定为加工位置。图 6-13 中的“最小直径”或“最大直径”按钮，其功能与图 6-8 中的对应选项相同，其参数值是对应相等的。改变循环参数组后，最大与最小直径的大小不会变化。

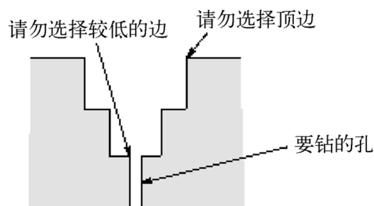


图 6-12　边的选择



图 6-13　“所有孔”对话框

（3）类选择

类选择通过选择一类几何对象，如点、圆弧和孔等来指定加工位置。单击“类选择”按钮，系统弹出“类选择”对话框。在此对话框中，选取一种选择方法，指定一类几何对象即可指定加工位置。

（4）预钻点

该选项指定在平面铣或型腔铣中产生的预钻进刀点作为加工原点。在预钻进刀点位置钻孔后，在随后的铣削加工中，刀具沿刀轴方向移动到预钻进刀点而不会切除材料。

平面铣和型腔铣中系统自动定义预钻进刀点，当选择“预钻点”选项时，预钻点进刀点显示在零件上，单击“确定”按钮，系统找回存储在临时文件中的两个进刀点，作为预钻孔的加工位置。生成刀具路径后，系统从临时文件中删除预钻孔的加工位置点，以便在随后的铣削加工中存储新的预钻点。

通常情况下，应重新将加工操作程序排序，把生成预钻孔刀具路径的点位加工操作排在相应的铣削操作之前。

如果不存在预钻进刀点，则选择该选项时，系统将显示提示信息“该进程中无点”。

（5）选择结束

该选项用于结束加工位置的选择，返回到如图 6-7 所示的“点到点几何体”对话框，与

单击“确定”按钮的功能相似。

（6）组

“组”用于选择任何先前成组的点和/或弧。使用屏幕上的光标可选择组或输入先前命名的组的名称。系统将选择组中的所有点，以及组中所有圆弧的圆心。可以选择任何数量的组，如果没有有效的组，系统将显示消息“没有有效的实体”。如果选定组的实体中不包含点或弧，系统将显示“组中没有点”。

（7）可选的

当用“组”“类选择”按钮来选择对象，或用鼠标选择单个对象时，“可选的”选项控制所选对象的类型。单击“可选的”按钮，系统弹出如图 6-14 所示的“可选的”对话框，可用其中选项控制选择对象的类型，控制方式有仅点、仅圆弧、仅孔、点和圆弧以及全部。当指定了某一选项类型后，只能选择该类型图素作为加工位置。

- 仅点：指定选择对象的类型为点。
- 仅圆弧：指定选择对象的类型为圆弧。
- 仅孔：指定选择对象的类型为孔。
- 点和圆弧：指定选择对象的类型为点和圆弧。
- 全部：指定可以选择所有类型的几何对象，包括点、圆弧和孔。

（8）名称

可在“名称”文本框中输入加工位置的名称，即输入一般点、圆、圆弧和表面、实心体和片体上的孔的名称；也可直接用鼠标在视图窗口中选择一般点、圆、圆弧和表面、实心体或片体上的孔。

（9）Cycle 参数组-1

在如图 6-8 所示“选择加工位置”对话框中，单击“Cycle 参数组-1”按钮，系统弹出如图 6-15 所示“参数组”对话框。循环参数集用于指定希望将先前定义的哪一个“循环参数集”与下一个点或下一组点相关联。系统将选择的“参数集”与随后选择的点相关联，直到更改或重设该选项。如果一个循环处于激活状态，则表示已定义了至少一个至多 5 个“循环参数集”。系统将初始默认参数设置为“参数集 1”。如果希望第一组选定点使用“参数集 1”，则不需要指定“参数集”，通过一般点或组来选择第一组点；如果要为后续点更改“参数集”，请选择循环参数集，选择所需的参数集并指定所需的点。



图 6-14 “可选的”对话框



图 6-15 “参数组”对话框

“参数集”只适用于“循环参数”中，如果没有激活的“循环”，“参数集”将无法使

用。当没有激活的“循环”时，“选择点”菜单将显示默认的“参数集”状态，该状态为“无”，如果选择循环参数集选项，系统将显示错误消息“循环未激活”。

如图 6-15 所示对话框中的“显示/校核循环参数组”按钮与如图 6-7 所示“点到点几何体”菜单中的“显示/校核循环参数组”按钮的功能相同。显示用于显示与每个参数集相关联的点，验证用于验证 5 个参数集中任意一个的“循环参数”值。

2．添加加工位置

在如图 6-7 所示的“点到点几何体”对话框中，单击“附加”按钮，系统弹出“选择加工位置”对话框。可继续选择加工位置，所选择的加工位置将添加到先前选择的加工位置集合中。其交互操作过程与选择加工位置的操作过程完全相同。

3．省略加工位置

在如图 6-7 所示的“点到点几何体”对话框中，单击“省略”按钮，系统弹出对话框。此时可在图形窗口中选取欲省略的某些加工位置，选择完成后单击对话框中的“确定”按钮。系统生成刀具路径时，不再使用已忽略的加工位置。

6.2.2 优化刀具路径

优化刀具路径，是重新指定所加工位置在刀具路径中的顺序。通过优化可得到最短刀具路径，这对变轴点位加工特征有利。同时，优化可将刀具路径上的加工位置限定在水平或垂直区域内，以满足其他约束要求，如夹具位置、机床行程和工作台大小等。

注意：*刀具路径优化后，先前定义的避让几何不起作用。因此，如果要用图 6-7 所示操作对话框中的“避让”按钮定义避让几何，必须在刀具路径优化以后进行。*

单击图 6-7 所示的“点到点几何体”对话框中的“优化”按钮，系统弹出如图 6-16 所示的“优化刀具路径”对话框对话框。它提供了 4 种优化点位加工刀具路径的方法。

1．按最短路径优化

最短路径（Shortest Path）优化方法是基于最短加工时间对加工位置进行重新排序的优化方法。在加工位置数目很多（30 个以上）和需要采用变轴点位加工的情况下，它是首选的优化方法。但这种方法比其他优化方法所需要的处理时间更长。

单击“最短刀轨”按钮，系统弹出如图 6-17 所示的“最短路径”对话框。在此对话框中，可单击“Level-标准”按钮，指定是采用标准（Standard）优化方式还是高级（Advanced）优



图 6-16 “优化刀具路径”对话框



图 6-17 “最短路径”对话框

化方式。如果需要变轴加工，可单击“Based on-距离”按钮来决定优化时考虑的出发点，也可根据需要指定刀具路径的起始和终止加工位置，或设置刀具路径起始处和终止处的刀轴方向。刀具路径优化后，系统显示刀具路径的总长和刀轴方向的变化角度，可单击“确定”或“取消”按钮来接受或取消优化结果。图 6-17 中所示按钮的说明如下。

（1）Level（级别）

该选项涉及系统确定最短刀具路径所需要的时间，单击该选项，可使优化方式在标准（Standard）和高级（Advanced）之间切换。

标准（Standard）方式：首先选择一个加工位置作为刀具路径的起始点，然后按最近距离确定下一个加工位置，依次循环确定余下各加工位置的加工顺序。如第二个加工位置距离第一个加工位置的最近加工位置，第三个是距离第二个最近的加工位置。

高级（Advanced）方式：在优化时，这种方式比标准方式需要较长的处理时间，但它生成的刀具路径总长要短一些，有利于缩短加工时间。

注意：由于两种级别（标准和高级）使用的处理方法不同，因此很少会出现标准方式生成的刀轨比高级方式生成的刀轨短的情况。

（2）Based On（基于的原则）

该选项决定优化时考虑的出发点，涉及刀具路径中加工位置之间的距离。对于固定轴点位加工的刀具路径，仅考虑距离（Distance）。对于变轴点位加工的刀具路径，有两种考虑方式：仅距离（Distance Only）和先刀具轴后距离（Tool Axis Then Distance）。

距离（Distance）：选择该选项，优化的出发点是考虑距离。通过计算刀具高刀轴方向在垂直于刀轴平面内移动的跨越时间，来确定最短路径。

仅距离（Distance Only）：选择该选项，优化的出发点是仅考虑距离。通过计算刀具跨越两加工位置之间的三维距离所需的时间来确定最短路径，而忽略刀轴方向的变化。

先刀具轴后距离（Tool Axis Then Distance）：选择该选项优化的出发点是先考虑刀轴方向的变化，然后再考虑距离。它通过计算改变刀轴方向所需要的时间和刀具跨越两加工位置之间的三维距离所需的时间来确定最短路径。

（3）Start Point（起始点）和 End Point（终点）

这两个选项分别指定按照最短路径优化时的刀具路径的起始点和终点。单击如图 6-17 所示中的“Start Point”或“End Point”按钮，系统都会弹出如图 6-18 所示的“起始点”对话框。可用鼠标在图形窗口选取加工位置作为刀具路径的起始或终止加工位置，或用对话框中的按钮来确定刀具路径的起始或终止加工位置。



图 6-18 “起始点”对话框

在“名称”文本框内输入某一点的名称，可以指定该输入点为按照最短路径优化时的起始点或终点位置。

- 单击“自动”按钮，指定由系统自动确定优化刀具路径的起始点或终点位置。
- 单击“Current Start Point（当前起始点）”按钮指定将当前起始点作为优化刀具路径的起始点或终点。
- 单击“Current End Point（当前终点）”按钮指定将当前终点作为优化刀具路径的起始点或终点。

（4）Start Tool Axis（开始刀轴）和 End Tool Axis（最终刀轴）

如果采用变轴点位加工，在 Based On 选项中选择了 Tool Axis Then Distance，且将 Start Point 和 End Point 选项指定为“自动”（Automatic），则用户需要使用 Start Tool Axis 和 End Tool Axis 选项分别指定起始和终止加工位置的刀轴方向。共有 4 种选项：Automatic、Current Start Tool Axis、Current end Tool Axis 和 Vector。其中，Vector 选项是用矢量构造器定义起始或终止加工位置的刀轴方向。其余选 Automatic、Current Start Tool Axis 和 Current end Tool Axis 的使用方法，与 Start Point 和 End Point 中的选项类似，不再说明。



图 6-19 “优化结果”对话框

（5）优化

单击如图 6-17 所示中的“优化”按钮，则执行优化工作。优化结束后，系统弹出如图 6-19 所示的“优化结果”对话框，并在对话框中显示优化前后的刀具路径总长和刀轴方向的角度变化大小。优化完成，可以通过单击“显示”“接受”“拒绝”来显示排列顺序或接受或放弃优化处理结果。

注意：如果是第一次优化，优化前的刀具路径总长和刀轴方向的角度变化大小，均取决于加工位置的选择顺序。

2．按水平路径优化

在如图 6-16 所示的对话框中，单击“Horizontal Bands”按钮，系统弹出如图 6-20 所示的“水平带”对话框，在对话框中单击“升序”或“降序”按钮，可以确定对水平线之间各加工位置的排序方式。用于定义一系列水平路径带，刀具的往复运动方向大致与工作坐标系的 XC 轴平行。这些水平路径带由成对水平直线定义，每对水平直线之间的加工位置按照指定的方式排序编号。



图 6-20 “水平带”对话框

单击“升序”或“降序”按钮定义刀具路径带时，先用鼠标在图形窗口选择一点，系统临时显示一条过该点且平行于 XC 轴的直线，并将其作为第一号路径带的第一条直线，再用同样的方法定义第一号路径带的第二条直线。如此重复，为每条路径带定义两条直线，直到所有路径带全部定义完毕。最后单击“确定”按钮。

3．按竖直路径优化

如图 6-16 所示的对话框中的“Vertical Bands”按钮用于定义一系列垂直路径带。这种刀具路径的优化方法，除了路径带平行于 YC 轴和按 YC 轴坐标值将每一条路径带内的加工位置排序外，其余的都与 Horizontal Bands（水平路径带）优化方法类似。

4．重画加工位置

每次优化处理后，如图 6-16 所示的对话框中的“Repaint Points”按钮用于设置是否重画所有加工位置。该选项在“是”和“否”之间切换，当设置成“是”时，优化后系统将会重新显示每个加工位置的顺序号。

5．显示点

单击如图 6-7 所示的对话框中的“显示点”按钮，用来在视图窗口中显示加工位置，以便用户观察进行某一操作（如选择、附加和省略等操作）后的加工位置是否正确，可验证刀具路径中加工位置的选择情况，系统按新的顺序显示各加工位置的加工顺序号。

6.2.3 避让

该选项用于指定刀具需要避让的几何体，如夹具等。在如图 6-7 所示的对话框中，单击“避让”按钮，然后用鼠标在视图窗口中选择起点和终点，系统弹出如图 6-21 所示的“避让”对话框。单击其中的“距离”按钮，系统弹出如图 6-22 所示的“距离”对话框，在“距离”文本框中输入数值，即可指定刀具需要避开的几何体。如果单击“安全平面”按钮，系统使用“安全平面”（在“点到点避让几何体”中定义）来作为退刀后刀具所处的平面，以此来避让障碍。如果没有激活安全平面，系统将显示消息“安全平面没有激活”。在“避让间隙”菜单中，可以使用“距离”选项，也可选择“返回”，在“点到点参数”菜单中定义“安全平面”。



图 6-21 “避让”对话框



图 6-22 “距离”对话框

6.2.4 圆弧轴控制

该选项用来控制圆弧或片体上孔的轴线方向。单击如图 6-7 所示的对话框中的“圆弧轴控制”按钮，系统弹出如图 6-23 所示的“轴线方向控制”对话框。

1．显示

在如图 6-23 所示的对话框中，单击“显示”按钮，系统弹出如图 6-24 所示的“轴线方向控制”对话框，该对话框有“单个”和“全体”两个选项。



图 6-23 “轴线方向控制”对话框 1



图 6-24 “轴线方向控制”对话框 2

（1）单个

使用光标选择一个圆弧或孔。系统将显示一个表示该轴的矢量符号，选择需要数量的圆弧和孔，然后单击“确定”按钮。

（2）全体

系统将显示表示每个圆弧轴和孔轴的矢量符号，这些圆弧和孔是之前为点到点操作选择的。

2．反向

“反向”用于按单个或全部方式翻转圆弧轴和孔轴的方向。该选项操作与上面显示的操作基本相同。

6.2.5 显示 / 校核循环参数组

如果存在激活的循环参数组，该选项可用来显示和校核循环参数组。单击如图 6-7 所示的对话框中的“显示 / 校核循环参数组”按钮，系统弹出如图 6-25 所示的“显示 / 校核循环参数组”对话框。该对话框中有两个按钮：显示和校核，单击其中任何一个按钮，系统都会弹出如图 6-26 所示的“参数组”对话框，可以分别显示和校核各个循环参数组。



图 6-25 “显示 / 校核循环参数组”对话框



图 6-26 “参数组”对话框

6.2.6 定义部件顶面

部件顶面用于指定点位加工时的起始点位置。单击“钻”工序对话框中“指定顶面”后的“选择或编辑部件表面几何体”按钮，系统弹出如图 6-27 所示的“顶面”对话框。其中可以选择和显示部件顶面，还可以在文本框中查看部件顶面的相关信息。“顶面”对话框中的选项说明如下。



图 6-27 “顶面”对话框

1．顶面选项

该选项用来提供定义部件表面的方法，定义部件表面的方法有 4 种，即“面”“平面”“ZC 常数”和“无”，分别说明如下。

1）面：选择一个现有的面作为顶面。

2）平面：使用平面构造器构建一个平面作为工件表面或底面。

3）ZC 常数：使用主平面方式定义工件表面或底面，指定 Z 坐标轴值。

4）无：不使用平面，即选择点时不指定其高度位置，而是按选择点所在高度位置。

2．显示

该选项用来显示所定义的部件表面，单击“显示”按钮，所定义的部件表面高亮度显示在视图窗口中。

6.2.7 部件底面设置

部件底面在面的指定上没有区别，底面用于指定加工的结束位置，而且孔的钻削深度也是以底面为参考的，在操作对话框中选择加工底面在面的指定上没有区别。单击操作对话框中“指定底面”后的“选择或编辑底面几何体”按钮，系统弹出如图 6-28 所示的“底面”对话框。从图中可以看出，“底面”对话框与“顶面”对话框基本相同。定义加工部件底面的方法与定义加工部件顶面的方法基本相同，这里不再详述。



图 6-28 “底面”对话框

6.3 循环控制

循环控制包括选择循环类型和设置循环参数。在“钻”操作对话框的“循环”选项下拉列表框中有 14 种循环类型，如图 6-29 所示，分别是“无循环”“啄钻”“断屑”“标准文本”“标准钻”“标准钻，埋头孔”“标准钻，深孔”“标准钻，断屑”“标准攻丝”“标准镗”“标准镗，快退”“标准镗，横向偏置后快退”“标准背镗”和“标准镗，手工退刀”等，其中“无循环”实际上一种非循环加工类型。根据零件要加工孔的类型，弹出相应的循环参数设置对话框，先设定参数组的个数，然后为每个参数组设置相关的循环参数，再按 6.2 节中所述方法为每个参数组指定加工位置等几何参数。当加工与同一个参数组关联的每个孔时，其加工参数相同。

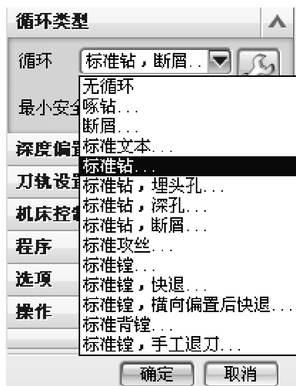


图 6-29 循环类型

6.3.1 循环类型

1．无循环

无循环，即取消任何被激活的循环。当“无循环”被激活时，不需要设置循环参数组和定义其参数，只要选择加工孔位，系统直接生成刀轨（必须指定零件表面和底表面）。这种孔加工简单方便，适用于钻削加工要求相同的孔。

“无循环”的运动过程如下：以进给速度移动刀具到第一个点位上方的安全点→沿着刀轴方向以切削进给速度切削到零件底面→刀具以退刀速度退回到该点位的安全点上→以快进速度移动刀具到下一个点位的安全点上。注意，当选择“无循环”时，深度偏置参数无效。

2．啄钻

仿真循环是指不使用 Cycle 命令（也就是 NC 程序的固定循环 G 代码）而是使用 GOTO 命令（也就是 NC 程序的 G00 和 G01）控制刀具的运动过程，因此不需要依赖机床控制器的固定循环子程序。由此可知，使用仿真循环会导致 NC 文件变大。啄钻（Peck Drill）和断屑

钻（Break Chip）属于仿真循环。

“啄钻”是在每一个钻削位置上产生一个仿真啄钻循环，，其切削原理如图 6-30 所示。一个啄钻循环的刀具运动过程如下：

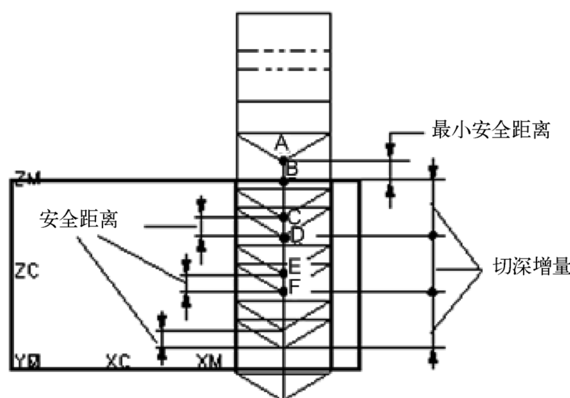


图 6-30　循环类型

1）刀具快进到最小安全距离（Min Clearance）确定的 A 点；

2）刀具以循环进给速度切削进给到 D 点（通过被加工孔开始点 B 后继续进刀一个切深增量 Increment）；

3）刀具以退刀速度快退到 A 点（退刀到孔外以利于排屑和切削液进入）；

4）快进到 C 点（前一次切削深度沿刀轴向上偏移一个步进安全距离 Distance）；

5）刀具以循环进给速度切削进给到 F 点，切深为一个步进距离 Distance 和一个切深增量。增量可以为零（None）、固定深度（Constant）和可变深度（Variable）。

重复步骤 3）～5），直至钻到要求的深度，刀具退回到安全点上，以快速进给速度移动刀具到下一个点位的安全点上，开始进行下一个孔的啄钻加工。

分析啄钻的循环过程可知，这种循环方式类似于固定循环 G83，适用于深孔加工。但当切深增量 Increment 为 None 时，啄钻的循环过程将得到简化，类似于固定循环 G81，可用于一般孔的加工。

3．断屑

“断屑”钻在每一个钻削位置上产生一个断屑钻循环。断屑钻循环类似于啄钻循环，所不同的是：在每一个钻削深度增量之后，刀具不是退回到孔外的安全点上，而是退回到在当前切削深度之上的一个由步进安全距离指定的点位（这样可以将切屑拉断）。断屑钻的刀具运动过程如下：

1）刀具以快进速度移动到安全点上；

2）刀具沿刀轴方向以循环切削进给速率钻削到第一个中间切削深度；

3）刀具以退刀进给速率退回到当前切削深度之上的由安全距离确定的点位上；

4）刀具继续以循环切削进给速率钻削到下一个中间增量深度；

重复步骤 3）和 4），直至钻削到指定的孔深，刀具以退刀进给速度从孔深位置退回刀具到安全点。



5）以快速进给速度移动刀具到下一个点位的安全点上，开始进行下一个孔的断屑钻加工。

由上述断屑钻循环过程可知，断屑钻适合给韧性材料的日孔加工。

4．标准文本

“标准文本”是在每一个被选择的加工点位上激活一个标准循环。选择该循环，系统要求输入循环文本（长度达 1～20 个由字母和数字组成的非空的字符串）以及定义参数组及其他参数。

5．标准钻

“标准钻”削是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准钻削”循环。选择此项，系统弹出定义循环参数组数的对话框，在输入循环参数组的数量之后，系统弹出为每个参数组定义参数的对话框。标准钻削循环不适于钻削深孔和有一定深度的韧性材料的孔。“标准钻”循环的刀具运动过程如下：

1）刀具以快进速度移动到点位上方的安全点上；

2）刀具以循环进给速度钻削到要求的孔深；

3）刀具以退刀进给速度退回到安全点；

4）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

6．标准钻，埋头孔

“标准钻，埋头孔”是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准钻，埋头孔”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）刀具以切削进给速度钻削到由沉孔直径和刀尖角度计算所得的深度；

2）沿刀轴方向以快进速度回退到安全高度；

3）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

7．标准钻，深孔

“标准钻，深孔”是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准钻，深孔”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）刀具以切削进给速度以一系列的切深增量钻削；

2）在每进给一个深度增量之后，刀具以快退速度退出孔外排屑，如此反复，直到最终深度；

3）快速退回安全高度；

4）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

8．标准钻，断屑

“标准钻，断屑”是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准，断屑”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）刀具进给到每一个中间深度；

2）退回一个由控制器或机床定义的安全距离；

3）再进给到由下一个深度增量确定的位置；

4）如此重复，直到到达最终加工深度；

5）以快速进给速度退出孔外到达安全高度上；

6）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

9．标准攻丝

“标准攻丝”是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准攻丝”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）刀具进给到最终的切削深度；

2）主轴反转并退回到操作安全点上；

3）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

10．标准镗

“标准镗”是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准镗”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）刀具切削进给到孔的最终切深之后以切削进给速度退回到孔外；

2）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

11．标准镗，快退

“标准镗，快退”是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准镗，快退”循环，其主要特点是在退刀前主轴停止旋转。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）刀具镗削进给到孔深；

2）主轴停止旋转并以快进速度退出孔外到操作安全点上；

3）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

该循环的缺点是退刀过程刀刃会划伤已加工表面，因此一般用于粗镗加工。

12．标准镗，横向偏置后快退

“标准镗，横向偏置后快退”是在每一个加工点位上激活一个“标准镗，横向偏置后快退”循环，其主要特点是在退刀前主轴停止旋转、定角位、主轴偏置。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）刀具镗削进给到孔深；

2）主轴停止旋转；

3）定主轴方位角；

4）在主轴方位角决定的方向偏移主轴；

5）最后快退到孔外；

6）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

该循环方式在退刀前主轴偏置，刀刃不会划伤已加工表面，因此适合精镗。

13．标准背镗

“标准背镗”是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准背镗”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）主轴停止旋转→定主轴方位角；

2）在主轴方位角决定的方向偏移主轴；

3）主轴进给到孔深→主轴移动到孔的中心；

4）主轴开始旋转退回，在退回过程中镗孔；

5）刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

14．标准镗，手工退刀

“标准镗，手工退刀”循环是在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准镗，手工退刀”循环，其特点是退刀运动由手动操作解决。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的刀具运动过程如下：

1）刀具镗削进给到孔深；

2）主轴停止旋转，同时程序停止；

3）操作者手动操纵机床退刀到孔外。

6.3.2 循环参数组

在点位加工中，为满足不同类型孔的加工要求，需要采用不同的加工方式，如普通钻孔、啄钻、攻螺纹、忽沉孔和深孔加工等。这些加工方式有的属连续加工，有的属断续加工，因此，它们的刀具切削运动过程不同。为满足不同类型孔的加工要求，UG NX 8.5 在点位加工中提供了多种循环类型来控制刀具的切削运动过程。

1．循环参数组

循环参数组用于建立先前定义的循环参数组与后续选择的加工位置的关联。系统将循环参数组中设置的参数（如加工深度和进给量等）指定到随后选择一个或多个加工位置上，直至重新选择循环参数组为止。系统会在各加工位置，根据与其相关联参数组，在刀具路径中生成 CYCLE 语句。如果采用循环加工模式，在每类循环中至少应定义一个循环参数组，最多可定义 5 个循环参数组。如果用户不指定循环参数组，系统则用第一个循环参数组作为默认的循环组参数组。因此，如果用户首先选择一个或多个加工位置，要用第一个循环参数族作为关联参数组，则不必指定关联参数组，可用“一般点”或“组”等选项直接指定各加工位置。当需要为随后选择的加工位置指定不同的参数组时，应先选择“Cycle 参数组”选项，在弹出的对话框中选择需要的参数组后，系统自动返回到如图 6-8 所示的对话框，并在对话框中显示当前所选的循环参数组，此时可选择与此参数组相关的加工位置。

循环参数组仅用于循环加工。对于采用非循环加工（No Cycle），如图 6-8 所示的对话框中的“Cycle 参数组”选项为“无”。此时，如果选择“Cycle 参数组”选项，系统显示出错信息“循环不活动”。

另外，对于零件上相同类型且直径相同的孔，其加工方式虽然相同，但由于各孔的深度不同，或者为满足不同孔的加工精度要求，需要用不同的进给速度加工，因此，在同一循环类型中，需要采用不同的加工参数进行加工。在 UG NX 中主要是通过在同一循环中指定不同的循环参数组来实现。在每一个循环参数组中，可以指定加工深度、进给量、暂停时间和切削深度增量等循环参数。在一个循环中，系统允许最多定义 5 个循环参数组。

选择某循环类型后，系统会弹出相应的循环参数设置对话框，供用户设置相关的循环参数。设置循环参数时，首先要指定循环参数组的个数，当指定一种循环方式后，系统弹出如图 6-31 所示的“指定参数组”对话框，设定组数（Number of Sets）后再为每个循环参数组设置相应的循环参数。在一个刀具路径中至少应定义 1 个循环参数组，最多可定义 5 个循环参数组，即在文本框中应输入 1～5 的整数。

如果在选择加工位置时已指定循环参数组，则在重新选择循环类型时，会弹出“指定参

数组”对话框，可选择“显示循环参数组”选项，显示使用各循环参数组的相关加工位置；也可在文本框中输入循环参数组的个数，重新定义各循环参数组。

指定循环参数组的个数后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 6-32 所示的“Cycle 参数”对话框。在对话框中设置第一个循环参数组中的各参数后，单击“确定”按钮，系统根据指定的循环参数组个数，决定是否设置一个循环参数组。如果指定的循环参数组个数为 1，则系统返回到点位加工操作对话框；如果指定的循环参数组个数大于 1，则弹出新的循环参数对话框，并提示设置第二个循环参数组。可按参数组顺序逐个定义其他循环参数组中的相关参数，直至各循环参数组全部设置完毕。当设置第二个及其以后的参数组时，在对话框的最下部将增加“拷贝上一组参数”选项，使用该选项可以复制前一个参数组中的参数到当前参数组中。



图 6-31 “指定参数组”对话框



图 6-32 “Cycle 参数”对话框 1

2．啄钻和断屑钻循环参数组

选择啄钻和断屑循环类型时，系统弹出如图 6-33 所示的“距离”对话框，在“距离”文本框中输入步进安全距离后，单击“确定”按钮，则弹出如图 6-31 所示的“指定参数组”对话框，输入循环参数组，单击“确定”按钮，弹出如图 6-34 所示的“Cycle 参数”对话框。各循环参数的设置方法与标准循环参数组相同。



图 6-33 “距离”对话框



图 6-34 “Cycle 参数”对话框 2

6.3.3 设置循环参数

在设置循环参数时，需要指定各循环参数值，包括进给速度、暂停时间和深度增量等。随着所选循环类型的不同，所需要设置的循环参数也有差别。下面介绍各循环参数设置对话框中主要循环参数的设置方法。

1．钻削深度

钻削深度是指零件加工表面到刀尖的深度。除标准沉孔钻循环外，其他所有循环需要设置钻削深度参数。单击“Cycle 参数”对话框中的“Depth”按钮，系统弹出如图 6-35 所示的“Cycle 深度”对话框，可以选择确定钻削深度的方法。系统提供了 6 种确定钻削深度的方法，每种钻削深度的几何意义如图 6-36 所示。各种钻削深度的定义方法说明如下。



图 6-35 “Cycle 深度”对话框

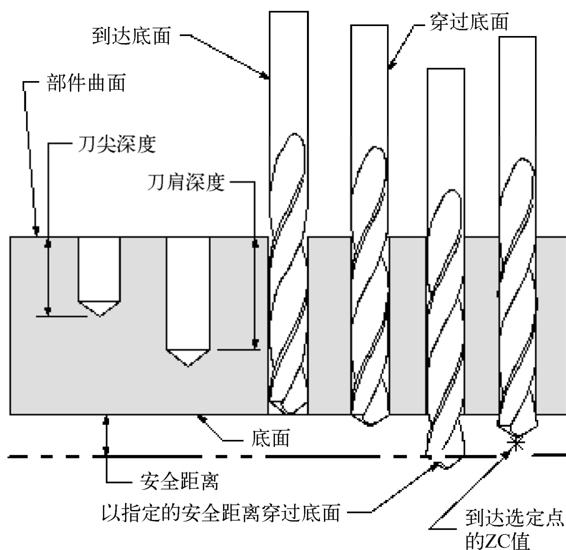


图 6-36 钻削深度的几何意义

1）模型深度：该方法指定钻削深度为实体上的孔的深度。如果孔的轴线方向与刀轴方向一致且刀具直径小于或等于孔径，单击“模型深度”按钮，系统会自动算出实体上的孔的深度作为钻削孔深度。选择该方法，系统将非实体孔的深度作为零处理（如点、圆弧和片体上的孔等）。

2）刀尖深度：该方法沿刀轴方向，按加工表面到刀尖的距离确定钻削深度。单击“刀尖深度”按钮，系统弹出如图 6-37 所示的“深度”对话框，可在对话框的文本框中输入一个正数作为钻削深度。



图 6-37 “深度”对话框

3）刀肩深度：该方法沿着刀轴方向，按刀肩到达零件的加工底面来确定切削深度，即钻削深度从刀肩开始测量，一直到加工部件表面。单击“刀肩深度”按钮，系统弹出如图 6-37 所示的“深度”对话框。

4）至底面：该选项指定将加工表面到刀尖接触加工底面时的钻削深度，即钻削深度从刀尖恰好接触加工底面时测量，一直到加工表面。

5）穿过底面：该方法沿刀轴方向，按刀尖刚好到达零件的加工底面来确定钻削深度，即钻削深度从刀肩恰好到达加工底面时测量，一直到加工表面。

6）至选定点：该方法沿刀轴方向，按零件加工表面到指定点的 ZC 坐标之差确定切削深度，即钻削深度从指定点开始测量，一直到加工工件表面。

2．进给率

该选项用来指定刀具进行点位加工时的进给速度，各种循环类型均需要设置进给速度参数。单击“Cycle 参数”对话框中的“进给率”按钮，系统弹出如图 6-38 所示的“Cycle 进给率”对话框。该对话框显示当前的进给大小，可在文本框中重新输入进给速度，并且可用“切换单位至 MMPR”选项来改变进给速度的单位。单击“切换单位至 MMPR”选项，可在“毫米每分钟”与“毫米每转”之间切换。

3．Dwell（暂停时间）

暂停时间是指刀具在钻削到孔的最深处时的停留时间。单击“Cycle 参数”对话框中的“Dwell”按钮，系统弹出如图 6-39 所示的“Cycle Dwell”对话框。各选项说明如下。



图 6-38 “Cycle 进给率”对话框



图 6-39 “Cycle Dwell”对话框

- 关（Off）：该选项指定刀具钻到孔的最深处时不暂停。
- 上（On）：该选项指定刀具到孔的最深处时停留指定的时间，它仅用于各类标准循环。
- 秒（Seconds）：该选项指定暂停时间的秒数。选择该选项，系统弹出相应对话框，可在对话框的文本框中输入刀具暂停的秒数。
- 转（Revolutions）：该选项指定暂停时间的转数。选择该选项，弹出相应对话框，可在对话框的文本框中输入刀具暂停期间的主轴转数。

4．Increment

该循环参数用于设置相邻两次钻削的深度增量，它仅用于啄钻和断屑两种循环。Increment 参数与“标准钻，孔深”和“标准钻，断屑”循环中设定的“Step 值”参数相对应。

单击“Cycle 参数”对话框中的“Increment”按钮，系统弹出如图 6-40 所示的“增量”对话框，利用对话框中的选项设定 Increment 参数。



图 6-40 “增量”对话框

1）空：选择该选项，则不指定增量，回到上一级对话框。当不指定增量时，系统不会产生中间深度，刀具在一次钻削运动中钻到孔的最终深度。

2）恒定：该选项指定用固定深度增量钻削。选择该选项，弹出深度增量对话框，可在对话框的文本框中输入固定深度增量值。刀具每次按相同的深度增量钻削，直到钻到空的最深处为止。如果孔的深度不能被固定增量整除，只要输入的增量没有超过孔的深度，系统就会用指定的增量深度钻削多次。在最后一进给中，即使实际深度小于深度增量，刀具也只切除余下的部分，而不会超出孔深范围。

3）可变的：该选项可以定义 1～7 个增量值。对于除第 7 个增量之外的其他增量，可

指定一个非零的重复系数，该系数表示每个增量重复执行的次数。

5．Option（选择）

该选项用来指定系统在如 Cycle 语句（即循环语句）中是否包含 OPTION 关键字。单击“Option”按钮，可以在“关”和“上”之间进行切换。当指定为“上”时，系统在循环语句中包含 Option 关键字。

6．CAM

该选项用来指定 CAM 值，用于没有可编程 Z 轴的数控机床。指定 CAM 值后，系统将驱动刀具到 CAM 停止位置，以便控制刀具深度。单击“CAM”按钮，系统弹出如图 6-41 所示的“CAM”对话框，在“CAM”文本框中输入数值，即可指定 CAM 值。

7．Rtrcto

该选项用来指定刀具的退刀距离。钻削深度是指零件加工表面到刀尖的深度。单击“Rtrcto”按钮，系统弹出如图 6-42 所示的“退刀距离”对话框。该对话框提供了 3 种指定退刀距离的方法，分别说明如下。

当循环方式选择为“标准镗，手动”循环方式时，不会出现该选项。显然，“标准镗，手动”循环方式的退刀距离由操作人员手动决定。

1）距离：该选项指定以用户输入数值作为退刀距离。单击“距离”按钮，系统弹出如图 6-43 所示的“退刀”对话框。直接在该对话框中的文本框中输入数值，即可指定退刀距离。



图 6-41 “CAM”对话框



图 6-42 “退刀距离”对话框



图 6-43 “退刀”对话框

注意：退刀距离必须大于或等于零。

2）自动：该选项由系统自动确定退刀距离，系统自动指定一个安全距离。

3）设置为空：该选项由系统将退刀距离设置为空，即不使用退刀距离。

6.4 一般参数设置

在如图 6-44 所示的“钻”对话框中，有几个选项用来定义点位加工的一般参数，包括最小安全距离和孔深偏置量等。



图 6-44 “钻”对话框

6.4.1 最小安全距离

最小距离是刀具沿刀轴方向离开零件加工表面的最小距离。

最小安全距离定义了每个操作的安全距离时，可在文本框内输入数值。该值即是指令代码中R_值，从该位置起，刀具将作切削进给。对于深孔啄钻加工，抬刀时将抬到该位置；而铰孔时进给抬刀也将抬到该位置。该值的设置使用相对于所选点的高度，或者是点到零件加工表面的高度。如图 6-45 所示为最小距离的示意图。

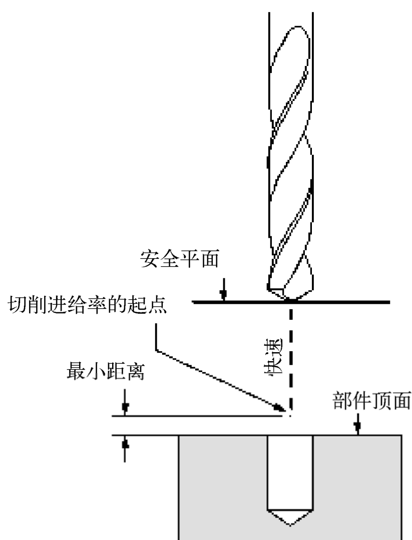


图 6-45　最小距离的示意图

6.4.2 深度偏置

孔深偏置量是指定孔钻盲孔时孔的底部保留的材料量，便于以后对孔进行精加工；或者指定钻通孔时穿过加工底面穿透量，以确保孔被钻穿。深度偏置有“通孔安全距离”和“盲孔余量”两个参数。

1）通孔安全距离：指刀具穿透底表面的距离，如图 6-46 所示。

2）盲孔余量：指孔底部要保留的用于精加工的材料余量，如图 6-46 所示。

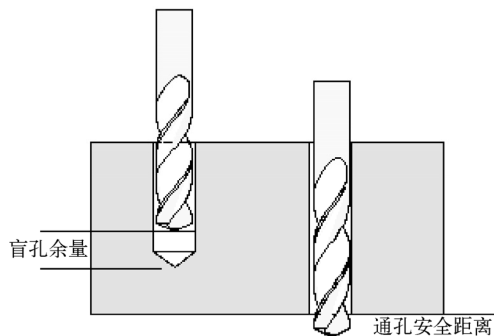


图 6-46　穿透量指定

如果在循环参数设置中将深度设置为模型深度，则孔深偏置参数仅用于实体模型上的孔加工，而不能用于点、圆弧或片体上的孔。如果在循环参数设置中，将深度设置为到达加工

底面，则盲孔余量可用于所有加工位置，但必须定义加工底面。如果在设置循环时，将参数设置为穿过所有加工底面，则通孔穿透量可用于所有加工位置，但必须定义加工底面。

6.4.3 避让

“避让”用于指定、激活、取消和操作点、直线或者符号，这些点、直线或者符号有助于在操作之前或之后定义刀具清除运动。该选项也能够保存已定义的避让控制参数，这些参数在以后的操作中可能会被调用。

在“钻”对话框的刀轨设置组中单击“避让”按钮，系统弹出如图 6-47 所示的“避让”对话框。



图 6-47 “避让”对话框

1）From 点：出发点，可在一段新的刀轨开始处定义初始刀具位置。它不引起刀具运动，将用作初始坐标参考点。

2）Start Point：开始点，作为刀轨开始点，可以使刀具避开几何体或夹具。

3）Return Point：返回点，切削结束离开部件时，刀具所要返回的位置。

4）Gohome 点：回零点，是最终的刀具位置，经常使用出发点作为此位置。

5）Clearance Plane：安全平面，可在操作之前、之后以及任何点间障碍避让过程中，定义刀具运动的安全距离。

6）Lower Limit Plane：下限平面，定义切削和非切削刀具运动的下限。

7）Redisplay Avoidance Geometry：重新显示避让几何体，重新显示点和平面符号。

6.4.4 进给率和机床控制

“点位加工”操作对话框中进给率和机床控制选项，它们的设置方法与平面铣和型腔铣操作对话框中相应选项的设置方法类似，这里不再详细讲解，读者可以参看平面铣和型腔铣操作对话框中的设置方法，进行相应的选项设置。

6.5 点位加工的实例

6.5.1 打开文件并进入加工环境

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开”对话框，选择本书光盘中的“X: / 6 / 6_1.prt”文件，单击“OK”按钮，进入加工环境，选择菜单“开始”→“加工”命令。

6.5.2 创建钻孔加工操作

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出现如图 6-48 所示的“创建工序”对话框。按图 6-48 所示设置各选项：

- “类型”的下拉列表中选择“drill”;
- “工序子类型”选择“钻”，即图标为;
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”;
- “几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”;
- “刀具”下拉列表中选择“ZD_D14L75T1”;
- “方法”下拉列表中选择“DRILL_METHOD”;
- “名称”文本框中输入“ZF_D14”。

设置完后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 6-49 所示的“钻”对话框。



图 6-48 “创建工序”对话框



图 6-49 “钻”对话框

2．选择孔加工位置

在如图 6-49 所示的“钻”对话框中，单击“几何体”选项组下的“指定孔”后的“选择或编辑孔几何体”按钮，系统弹出如图 6-50 所示的“点到点几何体”对话框。单击“选择”按钮，系统弹出如图 6-51 所示的“选择加工位置”对话框。单击“Cycle 参数组-1”按钮，系统弹出如图 6-52 所示的“参数组”对话框，单击“参数组 1”按钮，选取如图 6-53 所示 4 个孔，系统返回到如图 6-51 所示的“选择加工位置”对话框。再次单击“Cycle 参数组-1”按钮，系统弹出如图 6-52 所示的“参数组”对话框，单击“参数组 2”按钮，选取如图 6-54 所示的中间 6 个孔，单击“确定”按钮，系统返回到“点到点几何体”对话框。单击“优化”按钮，系统弹出如图 6-55 所示的“优化”对话框。单击“最短刀轨”按钮，系统弹出如图 6-56 所示的“最短刀轨”对话框。单击“优化”按钮，系统弹出如图 6-57 所示的“最短刀轨优化”对话框对话框。单击“接受”按钮，系统返回到如图 6-50 所示的“点到点几何体”对话框。单击 “确定”按钮， 系统返回到如图 6-49 所示的“钻”对话框。



图 6-50 “点到点几何体”对话框



图 6-51 “选择加工位置”对话框



图 6-52 “参数组”对话框

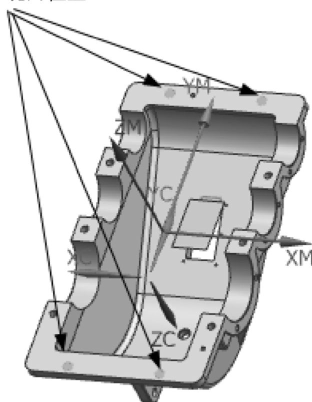


图 6-53 选取孔的位置

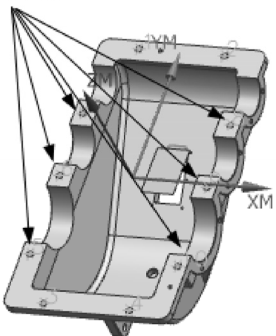


图 6-54 选取孔的位置



图 6-55 “优化”对话框

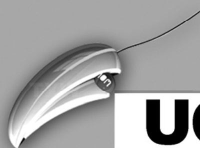




图 6-56 “最短刀轨”对话框



图 6-57 “最短刀轨优化”对话框

3．选择循环方式

在如图 6-49 所示的“钻”对话框中，“循环类型”选项组下的“循环”下拉列表中选择“标准钻”，系统弹出如图 6-58 所示的“指定参数组”对话框。单击“确定”按钮，系统弹出如图 6-59 所示的“Cycle 参数”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到如图 6-60 所示的“Cycle 参数”对话框。单击“复制上一组参数”按钮，然后单击“确定”按钮，系统返回到如图 6-49 所示的“钻”对话框。

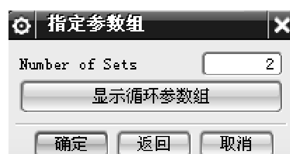


图 6-58 “指定参数组”对话框



图 6-59 “Cycle 参数”对话框

4．设置参数

在如图 6-49 所示的“钻”对话框中，“循环类型”选项组下的“最小安全距离”文本框中输入 2；单击“刀轨设置”选项组下的“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给”对话框。“主轴速度”文本框中输入 1300，“切削”文本框中输入 120，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“钻”对话框。

5．生成刀轨

在如图 6-49 所示的“钻”对话框中，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 6-61 所示。



图 6-60 “Cycle 参数”对话框

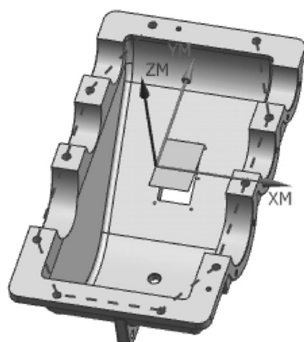


图 6-61 钻孔的刀具路径

6.5.3 锪孔

1．创建操作

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出现如图 6-62 所示的“创建工序”对话框。按图 6-62 所示设置各选项：

- “类型”的下拉列表框中选择“drill”;
- “工序子类型”选项选择“沉头孔加工”，即图标为；
- “程序”下拉列选项中选择“PROGRAM”;
- “几何体”下拉列选项中选择“WORKPIECE_1”;
- “刀具”下拉列选项中选择“XD_26R0L200T2”;
- “方法”下拉列选项中选择“DRILL_METHOD”;
- “名称”文本框中输入“HK”。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 6-63 所示的“沉头孔加工”对话框。



图 6-62 “创建工序”对话框



图 6-63 “沉头孔加工”对话框

2．选择孔加工位置

在如图 6-63 所示的“沉头孔加工”对话框中，单击“几何体”选项组下的“指定孔”后的“选择或编辑孔几何体”按钮，系统弹出如图 6-50 所示的“点到点几何体”对话框。单击“选择”按钮，系统弹出如图 6-51 所示的“选择加工位置”对话框。选取如图 6-64 所示 10 个孔，单击“确定”按钮，系统返回到“点到点几何体”对话框。单击“优化”按钮，系统弹出如图 6-55 所示的“优化”对话框。单击“最短刀轨”按钮，系统弹出如图 6-56 所示的“最短刀轨”对话框。单击“优化”按钮，系统弹出如图 6-57 所示的“最短刀轨优化”对话框对话框。单击“接受”按钮，系统返回到如图 6-50 所示的“点到点几何体”对话框。单击 “确定”按钮，系统返回到如图 6-63 所示的“沉头孔加工”对话框。

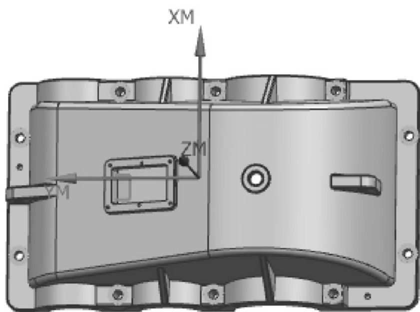


图 6-64　选取的孔的位置

3．选择循环方式

在如图 6-63 所示的“沉头孔加工”对话框中，“循环类型”选项组下的“循环”下拉列表中选择“标准钻”，系统弹出“指定参数组”对话框。单击“确定”按钮，系统弹出“Cycle 参数”对话框。单击“Depth”按钮，系统弹出如图 6-65 所示的“Cycle 深度”对话框。单击“刀肩深度”按钮，系统如图 6-66 所示的“刀肩深度”对话框。在“深度”文本框中输入 1，单击“确定”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“Dwell”按钮，系统弹出如图 6-67 所示的“Cycle Dwell”对话框。单击“秒”按钮，系统弹出如图 6-68 所示的“秒”对话框。在“秒”文本框中输入 5，单击“确定”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“Rtrcto”按钮，系统弹出如图 6-69 所示的“Rtrcto”对话框。单击“自动”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到如图 6-63 所示的“沉头孔加工”对话框。



图 6-65 “Cycle 深度”对话框



图 6-66 “刀肩深度”对话框



图 6-67 “Cycle Dwell”对话框



图 6-68 “秒”对话框



图 6-69 “Rtrcto”对话框

4．设置参数

设置“最小安全距离”为 6，主轴转速为 960 转/min，进给速度为 110mm/min，其他参数采用默认值。

5．设置安全平面

在如图 6-63 所示的“沉头孔加工”对话框中，单击“刀轨设置”选项组将其展开，然后单击“避让”按钮，系统弹出如图 6-70 所示的“避让”对话框。单击“Clearance Plane”按钮，系统弹出如图 6-71 所示的“安全平面”对话框。单击“指定”按钮，系统弹出如图 6-72 所示的“平面”对话框。“类型”下拉列表中选择“XC-YC 平面”，勾选“WCS”复选框，在“距离”文本框中输入 210，单击“确定”按钮，系统返回到“安全平面”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“避让”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“沉头孔加工”对话框。



图 6-70 “避让”对话框



图 6-71 “安全平面”对话框



图 6-72 “平面”对话框

6．生成刀轨

单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 6-73 所示。

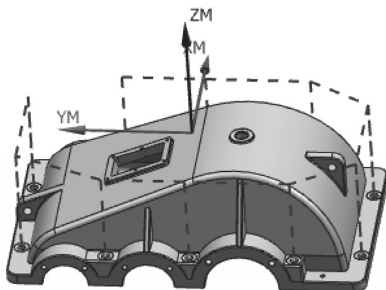


图 6-73 刀具路径

第 7 章　UG NX 8.5 数控加工的其他功能及应用

7.1　插铣加工

7.1.1　插铣加工概述

插铣加工是一种特殊的铣削加工，该加工方式的原理：刀具连续上下运动，快速大量地去除材料。在加工具有较深的立壁腔体零件时，常需要去除大量的材料，此时插铣加工比型腔铣更加有效。径向力减小，这样就有可能使用更细长的刀具，而且保持高的材料切削速度，它是金属切削最有效的加工方法之一，对于难加工材料的曲面加工、切槽加工以及刀具悬伸长度较大的加工，插铣法的加工效率远远高于常规的层切削法。插铣加工可减小工件变形，降低铣床的径向切削力，插入为粗加工和精加工提供了高效的加工策略，粗加工可以用高承载刀具如钻孔一样进行铣削，即使进给速度再高，刀具也只是轴向受力。这种策略也可用来针对垂直或接近垂直的区域进行精加工。

插铣法（plunge milling）又称为 Z 轴铣削法，是实现高切除率金属切削最有效的加工方法之一。它是一种固定轴操作类型，通过刀具轴向运动高效率地进行大切削量的粗加工，并且可以精加工其他加工方法难以处理的垂直侧壁。插铣加工原理如图 7-1 所示。事实上，在需要快速切除大量金属材料时，采用插铣法可使加工时间缩短一半以上。

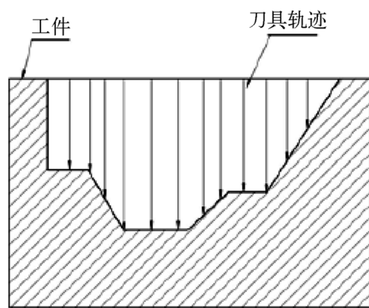


图 7-1　插铣的工作原理

大多数等高加工从上到下切削，插铣开始从最深的切削层切削，当有多个插铣切削区域加工时，插铣按一定的切削次序加工，因为插铣从下到上切削，必须为每个插铣切削区域生成一个操作，第一个操作将从零件的顶层开始，直到生成最底层。在每一个操作切削保持从下到上。

7.1.2 创建插铣加工的基本步骤

创建插铣加工的基本步骤如下：

1）创建程序、刀具、几何、加工方法 4 个父节点组。

2）创建工序，在“创建工序”对话框中的“工序子类型”选择，单击“确定”按钮，系统弹出如图 7-2 所示“插铣”对话框，然后设置如下选项：选择几何体、选择切削方法、选择步进、设置向前步长和最大切削宽度、设置插铣层、设置切削参数、设置控制点、选择传递方式、设置进给和速度。

3）生成刀轨并验证刀轨。

4）后置处理生成数控程序。

7.1.3 插铣层

每个插铣操作都由单一的插铣区间，“插削层”对话框定义每个插铣区间的顶部和上部层区间。单击“插铣”对话框中的“插削层”后的按钮，系统弹出如图 7-3 所示“插削层”对话框，该对话框的设置与型腔铣操作中的切削层基本相同。

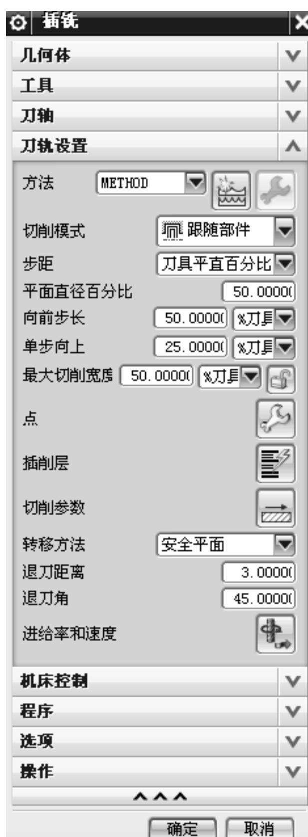


图 7-2 “插铣”对话框



图 7-3 “插削层”对话框

7.1.4 切削参数

1. 切削模式

在插铣操作中切削模式有 6 种：“跟随部件”“跟随周边”“轮廓加工”“单向”“往复”和“单向轮廓”。其中“轮廓加工”走刀用于精加工，其他加工方式用于粗加工，具体选项如图 7-4 所示。

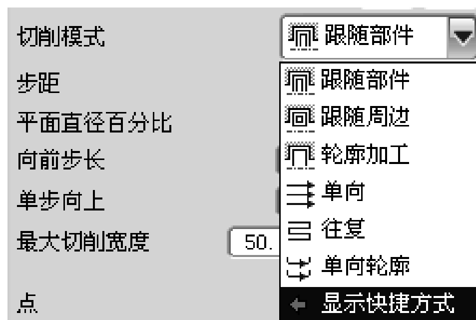


图 7-4　切削模式

2. 向前步长

“向前步长”是指刀具从一次插入运动到下一次插入运动时向前的步长。用户可以通过指定刀具直径的百分比或者直接输入数值进行约束。

3. 最大切削宽度

“最大切削宽度”是刀具切削时的最大加工宽度，用于限制步进距离和向前步进的距离值。用户可以通过指定刀具直径的百分比或者直接输入数值进行约束。

4. 转移方法

插铣支持的转移方法有“安全平面”和“自动”两种，当选择“安全平面”时，系统会以已经定义的安全平面作为退刀的过渡平面；当选择“自动”时，将自动在不发生过切和碰撞的 Z 高度上加上安全间距所确定的最低高度处过渡。

5. 退刀

通过指定“退刀距离”和“退刀角”来控制退刀。沿通过指定的竖直退刀角和水平退刀角形成的 3D 矢量进行退刀运动，它由系统自动生成。

6. 切削参数

单击“插铣”对话框中的“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 7-5 所示“切削参数”对话框，该对话框的设置与型腔铣操作中的“切削参数”对话框基本相同。但是每一个插削操作中的切削层只有两层：顶部层和底部层。在插削操作中，不能将顶层移动和底层交换移动。

7. 控制点

控制点有预钻点和切削区域起点，用于控制插铣从何处开始切削。在“插铣”对话框中，单击“点”后面的“点”按钮，系统弹出如图 7-6 所示的“控制几何体”对话框，通过该对话框可对预钻点和切削区域起点进行设置。



图 7-5 “切削参数”对话框



图 7-6 “控制几何体”对话框

（1）预钻孔进刀点

UG NX 8.5 中可以通过手工和系统自动生成预钻点，在“控制几何体”对话框中单击“编辑”按钮，通过弹出的“预钻孔进刀点”对话框来定义。用户若要自动生成预钻点，需要按以下步骤进行设置。

1）创建和生成插铣操作。

2）创建和生成钻孔操作。

3）对钻孔操作重新排序。

（2）切削区域起点

在切削区域可以指定切削区域起点来定义刀具的进刀位置和步进方向。自定义切削区域起点时，不必精确地定义进刀位置，只需要指定一个大致的位置即可，系统会自动根据其他设置条件自动确定一个精确的位置点。

7.2 多轴加工技术概述

7.2.1 多轴加工的基本概念

多轴曲面轮廓铣的加工原理与固定轴曲面轮廓铣的加工原理大致相同，都需要指定驱动几何体，系统将驱动几何上的驱动点沿投影方向投影到零件几何上形成刀轨轨迹。不同的是，多轴曲面轮廓铣增加了对刀轴方向的控制，可以加工比固定轴曲面轮廓铣所加工的对象更为复杂的零件。

大多数的 NC/CNC 编程人员认为多轴加工事实上可以看作平面或固定轴加工。在有些加工情况下，主轴并不同于标准加工刀具的 Z 轴方向。如果掌握了多轴加工的基本概念，这种加工模式的编程是相当简单的。以下是需要注意的一些概念：

1）UG NX 8.5 总要求有刀具轴，没有特殊设定，系统默认为 MCS 的 Z 轴（0，0，1）。

2）刀具轴不是（0，0，1）的固定轴加工需要设定刀具轴的适当方向。

3）UG NX 8.5 中的绝大多数多轴加工的刀具轴不是（0，0，1）。

4）多轴加工过程中，要确保刀具轴的适当设置方向。

5）旋转运动，工作台转到新位置之前，要检查刀具的位置以保证零件或夹具的安全。

6）操作结束后，建议把刀具轴设回（0，0，1）。

为旋转轴定义旋转中心，有以下两种定义方法：

1）将加工坐标系（MCS）设在旋转轴的中心。

- 优点：使用和配置十分简单，为 NC/CNC 编程人员减轻工作量。
- 缺点：程序输出和零件尺寸的打印输出不匹配，夹具的调整可能要求某些程序的重新编制。

2）将 MCS 设定为一个几何体组，包括主坐标和局部坐标。

- 优点：程序输出与零件的打印相符，夹具的调整可以通过主坐标和局部坐标来解决。
- 缺点：编程人员要充分掌握主坐标和局部坐标的使用，加工的操作相对复杂，加工刀具的后置处理必须保证获得正确的输出。

7.2.2 可变轴曲面轮廓铣概述

1. 基本概念

可变轴曲面轮廓铣刀位轨迹的产生过程与固定曲面轮廓铣刀位轨迹的产生过程基本相同。刀位轨迹创建的两个步骤：

1）从驱动几何体上产生驱动点。

2）将驱动点沿投射方向投射到零件几何体上。驱动点可以从零件几何体的局部或整个零件几何体或与加工零件不相关的其他几何体上产生。刀轨输出时将刀具从驱动点沿投射方向移动，直到接触零件几何体。

2. 驱动方法

1）边界驱动法。

2）曲面区域驱动法。

3）螺旋线驱动法。

4）曲线 / 点驱动法。

5）刀具轨迹驱动法。

6）径向切削驱动法。

这些驱动方法的定义方式与固定轴曲面轮廓铣一致。需要注意的是，可变轴曲面轮廓铣没有区域铣驱动方法与清根切削驱动方法。

3. 刀具轴控制

在固定轮廓铣中，只能定义固定的刀轴；而在多轴轮廓铣中，可以定义可变的刀轴，即刀具在沿刀具路径移动时，可以不断地改变方向。

1）远离点：通过指定一焦点来定义。它以指定的焦点为起点，并指向刀柄所形成的矢量作为可变刀轴矢量，如图 7-7 所示。注意焦点必须位于刀具于零件几何接触的另一侧。

2）朝向点：通过一焦点来定义。它以刀柄为起点，并指向指定的焦点所形成的矢量作为可变刀轴矢量，如图 7-8 所示。注意焦点必须位于刀具与零件几何接触的同一侧。

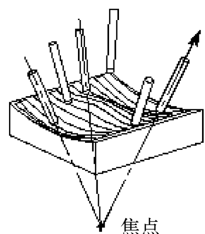


图 7-7　用“远离点”定义可变刀轴矢量

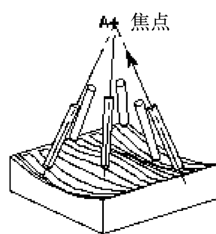


图 7-8　用“朝向点”定义可变刀轴矢量

3）远离直线：通过指定一条直线来定义。它沿指定直线的全长并垂直于直线，且指向刀柄的矢量作为可变刀轴矢量，如图 7-9 所示。指定线必须位于刀具与零件几何接触的另一侧。

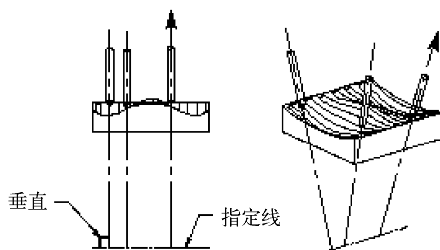


图 7-9　用“远离直线”定义可变刀轴矢量

4）朝向直线：通过指定一条直线来定义。它沿指定直线的全长并垂直于直线，且从指定直线指向刀柄的矢量作为可变刀轴矢量，如图 7-10 所示。注意指定线必须位于刀具与零件几何接触的同一侧。

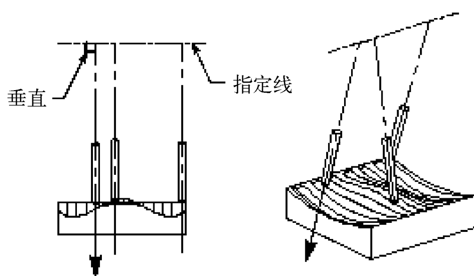


图 7-10　用“朝向直线”定义可变刀轴矢量

5）相对于矢量：通过指定引导角度和倾斜角度来定义相对于一个矢量的可变刀轴矢量，如图 7-11 所示。其中引导角度定义刀具运动方向朝前或朝后倾斜的角度。引导角度为正时，刀具基于刀具路径的方向朝前倾斜；引导角度为负时，刀具基于刀具路径的方向朝后倾斜。倾斜角度定义刀具相对于刀具路径向左或向右倾斜的角度。沿刀具路径看，倾斜角度为正时，刀具往刀具路径右侧倾斜；倾斜角度为负时，刀具往刀具路径左侧倾斜。

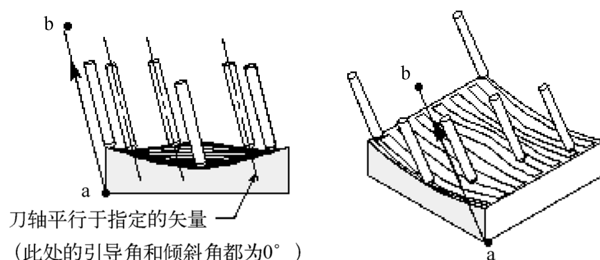


图 7-11　用“相对于矢量”定义可变刀轴矢量

6）垂直于部件：刀轴矢量在每个接触点处都垂直于部件几何的表面，如图 7-12 所示。

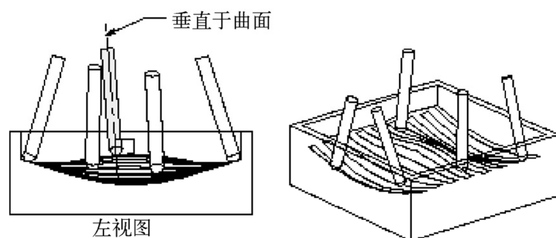


图 7-12　用“垂直于部件”定义可变刀轴矢量

7）相对于部件。

“相对于部件”允许用户定义一个“可变刀轴”，它相对于“部件表面”的另一垂直“刀轴”向前、向后、向左或向右倾斜。

“前倾角”定义了刀具沿“刀轨”前倾或后倾的角度。正的“前倾角”的角度值表示刀具相对于“刀轨”方向向前倾斜。负的“前倾角”（后倾角）的角度值表示刀具相对于“刀轨”方向向后倾斜。

“侧倾角”定义了刀具从一侧到另一侧的角度。正值将使刀具向右倾斜（按照用户所观察的切削方向），负值将使刀具向左倾斜。由于侧倾角取决于切削的方向，因此在“往复切削类型”的回转刀轨中，侧倾角将反向。

为“前倾角”和“倾斜角”指定的最小值和最大值将相应地限制“刀轴”的可变性。这些参数将定义刀具偏离指定的前倾角或倾斜角的程度。最小值必须小于等于相应的“前倾角”或“倾斜角”的角度值，最大值必须大于等于相应的“前倾角”或“倾斜角”的角度值。

7.2.3 创建可变轴曲面轮廓铣的基本步骤

1. 创建固定轴曲面轮廓铣操作

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出现如图 7-13 所示的“创建工序”对话框。“类型”下拉列表中选择“mill_multi-axis”，即选择了多轴铣加工操作建立模板，在子类型选择某一多轴铣类型，可参照表 7-1。多轴铣的子类型共有 9 种，各种子类型的说明如表 7-1 所示。选择好后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 7-14 所示的“可变轮廓铣”对话框。



图 7-13 “创建操作”对话框



图 7-14 “可变轮廓铣”对话框

表 7-1 多轴铣各子类型的说明

图标	英　文	中　文	说　明
	VARIABLE_CONTOUR	可变轮廓铣	用于精加工由轮廓曲面形成的区域的加工方式，它允许通过精确控制刀具轴和投影矢量使刀具沿着非常复杂的曲面的复杂轮廓运动
	VARIABLE_STREAMLINE	可变流线铣	该方式可以以相对较短的刀具路径获得较满意的加工效果。用于精加工复杂形状，尤其是要控制光顺切削模式的流线方向
	CONTOUR_PROFILE	外形轮廓铣	使用轮廓铣驱动方式的可变轴曲面轮廓铣操作。通过选择底面，使用此操作可以使用刀具侧面来加工带有角的壁
	FIXED_ CONTOUR	固定轮廓铣	基本的固定轮廓铣操作，用于以各种驱动方式，包容和切削模式轮廓铣部件或切削区域。刀具轴可以设为用户定义的矢量
	ZLEVEL_5AXIS	深度加工 5 轴铣	用一个较短的刀具精加工陡峭的深壁和带圆角的拐角，而不是像固定轴操作中那样要求使用较长的小直径刀具。刀具越短，进给率和切削载荷越高，生成率就越高
	MILL_CONTROL	铣削控制	建立机床控制操作
	MILL_USER	用户定义的铣削	自定义参数建立操作

在创建多轴铣操作对话框中选择固定轴曲面轮廓铣加工子类型（参照表 7-1），指定操作所在的几何体、使用刀具、使用加工方法，设定一个操作名称，单击“确定”按钮，系统会打开可变轴曲面轮廓铣操作对话框。

2. 设置驱动方法

根据加工表面的形状与复杂性，以及刀轴与投影矢量的要求来确定适当的驱动方法。一旦选择了驱动方法，也就决定了可选择的驱动几何类型，以及可用的投影矢量、刀轴与切削

方法。

3. 指定刀轴

刀轴矢量可以通过指定坐标、选择几何、垂直或相对于零件表面，以及垂直或相对于驱动表面等方式来定义。

4. 设置必要的加工参数

在可变轴曲面轮廓铣操作对话框中设置参数，这些参数都将对刀轨产生影响。在对话框中需要设置切削参数、非切削运动参数、进给量、避让几何、机床控制等参数，这些参数可以影响每一种驱动方法，应根据具体情况进行设置，有些参数可以采用默认值，有些参数必须仔细考虑。很多选项需要通过二级对话框进行参数设置。

5. 生成可变轴曲面轮廓铣操作

可变轴曲面轮廓铣操作对话框中所有需要设置的参数设置好后，单击对话框底部的生成刀轨图标“”，则可生成刀轨。单击“确定”按钮关闭对话框，完成可变轴曲面轮廓铣操作的创建。

6. 检验刀具路径

刀具路径生成后，需要从不同的角度进行回放，检验刀具路径是否正确合理，必要时应进行可视化刀轨校验。可以先生成 CLSF 文件或数控加工程序，再用 VeriCUT 软件进行检验和路径优化。

7.2.4 顺序铣概述

1. 基本概念

顺序铣操作可以通过一个表面到另一个表面的连续铣削加工零件轮廓，它是为连续加工一系列边界相连的曲面而设计的。一旦使用平面铣或型腔铣对曲面进行了粗加工，就可以使用顺序铣对曲面进行精加工。在对刀轨的每个子操作高度控制时，通过使用 3 个、4 个或 5 个刀具轴运动，顺序铣可以使刀具准确地沿曲面轮廓运动。

顺序铣可以用于固定轴轮廓铣，也可以用于可变轴曲面轮廓铣，可以在 3、4 或 5 轴机床上精加工零件。顺序铣操作可以运用“线性”刀具运动来完成零件边沿的精加工，可以用顺序铣来定义加工区域，并可以提供一些特殊的刀具轴的控制方式，还可辨别多个检查面。

一个顺序铣工序由进刀运动、连续加工运动、退刀运动和点到点运动 4 个子操作组成。进刀运动使刀具从起始点进到初始切削位置；连续加工运动使刀具按零件表面的连接顺序，依次对加工表面进行铣削加工；退刀运动使刀具在加工结束后从加工表面退出；点到点运动使刀具以直线方式离开工件到指定的安全平面。每一个子操作具有不同的刀具运动形式，4 个子操作的连续刀具运动构成顺序铣的一个完整刀轨轨迹。

2. 控制面和参考点

在创建顺序铣工序时，为控制刀具的运动，需要给刀具指定 3 个控制面：驱动面、零件面和检查面。驱动面控制刀具的侧面，零件面控制刀具的底面，检查面控制刀具的停止位置。在铣削过程中，铣刀的侧面沿着驱动面移动，底面沿着零件面移动，当铣刀移动到检查面时停止铣削。如图 7-15 所示，铣刀在移动时与驱动面和零件面同时接触，在停止时与驱动面、零件面和检查面同时接触。

参考点是一个定位点，用于确定驱动面、零件面和检查面的近侧，即各控制面靠近参考

点的一侧为近侧，另一侧为远侧。如图 7-15 所示，3 个控制面朝外的一侧为近侧，另一侧为远侧。参考点位置是用来建立零件几何的方向，指定参考点就可以确定刀具的起始位置。在定义顺序铣的每一个子操作时，需要指定被加工面是在控制面的近侧、远侧或还是在控制面上，近侧和远侧主要是根据多制定的参考点位置来确定。

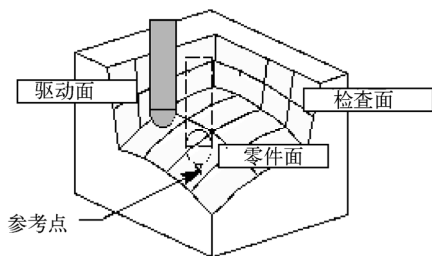


图 7-15　顺序铣的控制面和参考点

3. 停止位置

在指定零件几何体、驱动几何体和检查几何体之前，必须指明刀具相对于所指定几何体的停止位置，有以下 4 种选择。

- Near Side：当前位置相对于几何体最近侧时的停止位置。
- Far Side：当前位置相对于几何体最远侧时的停止位置。
- On：刀具中心轴到达几何体时的停止位置。
- Ds-Cs Tangency 和 Ps-Cs Tangency：刀具在驱动面（或零件面）和检查面相切的位置时停止。

4. 顺序铣对话框

在创建或编辑顺序铣工序时，会弹出如图 7-16 所示的“顺序铣”对话框，可进行顺序铣一般参数的设置。下面主要介绍与顺序铣有关的参数选项。

- 全局余量：用于设置保留在驱动面和零件面上的加工余量。如果在子操作中再为某控制面指定加工余量，则全局余量加上子操作中指定的余量等于该控制面上的总余量。
- 最小安全距离：用于指定进退刀操作的最小安全距离。
- 刀轨生成：用于确定每一个子操作是否输出刀轨。
- 多轴输出：用于控制刀具轴矢量的输出。

在对话框中设置好顺序铣的一般参数后，单击“确定”按钮就可以依次创建进刀运动、连续加工运动、退刀运动和点到点运动 4 个子操作，4 个不同类型的子操作可由相应的对话框创建。首先创建一个进刀运动，然后创建连续加工运动，最后创建退刀运动和点到点运动。

在创建一个顺序铣操作后，可以选择“结束操作”生成刀轨轨迹，也可以单击“确定”按钮保存操作而不生成刀轨轨迹。

（1）“进刀运动“对话框

进刀运动是刀具从起刀点移动到初始切削位置的运动。定义进刀运动主要包括：指定进刀方法、定义参考点和指定控制面等，其对话框如图 7-17 所示。定义完进刀运动后，单击“确定”按钮系统自动进入“连续加工运动”对话框，进行连续加工运动的定义。

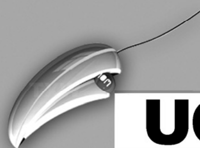




图 7-16 “顺序铣”对话框



图 7-17 “进刀运动”对话框

（2）“连续刀轨运动”对话框

刀具移动到初始切削位置后，刀具的动作由一系列的连续刀轨运动子操作组成。在连续加工运动中，铣刀沿着驱动面和零件面移动，直到遇到检查面后停止。定义连续加工运动主要包括：指定驱动面（默认为前一个子操作的检查面）及零件面、指定检查面及停止位置和指定刀轴矢量等，其对话框如图 7-18 所示。单击“确定”按钮则可创建其他的连续加工运动，直到选择退刀运动为止。

（3）“退刀运动”对话框

退刀运动使刀具从切削点退到安全平面或者到一个已定义的退刀点上，与进刀运动类似，同为非切削运动。定义退刀运动主要是指定退刀方法，其对话框如图 7-19 所示。



图 7-18 “连续刀轨运动”对话框

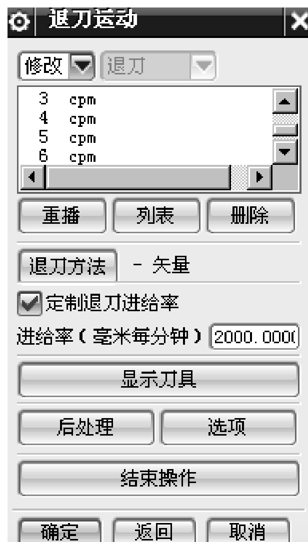


图 7-19 “退刀运动”对话框

（4）“点到点的运动”对话框

点到点运动使刀具以直线运动方式快速远离零件或从退刀点移动到下一个进刀点，以进行循环切削。定义点到点运动主要是指定直线运动方式。当进刀运动、连续刀轨运动和退刀运动 3 个子操作定义完成后，选择子操作类型为点到点运动，即可进入如图 7-20 所示的“点到点的运动”对话框。



图 7-20 “点到点的运动”对话框

7.3 自定义模板

7.3.1 创建用户操作模板和节点模板

在创建操作、程序、刀具、加工几何、加工方法的对话框中，人们总是通过选择一种子类型开始操作、程序、刀具、加工几何、加工方法的创建工作，这些子类型就是操作模板和节点模板。其实这些模板可以由用户自己创建，可以根据自己的工作特点，建立最符合工作需要的工作模板。比如，可以根据需要增减操作对话框中的某些操作参数，使某参数的选项或默认值符合特殊的要求，从而产生特定的操作模板。

1. 自己的操作模板和节点模板

所谓操作模板和节点模板就是在一个部件中预先定义的一个操作导航工具的各种节点。这种包含模板的部件称之为模板部件。一个模板部件将成为创建操作、刀具、加工方法的对话框中的操作类型中的一种操作类型，模板部件中的操作模板和节点模板则成为操作和模板的子类型。

首先，可以创建一个部件（或通过复制一个已有的部件）作为模板部件，在其中创建

（或已经包含）若干操作和节点。对于操作，用户通过定制操作对话框的功能来增减这些操作的操作对话框中的项目，根据需要指定操作对话框中的各选项，输入参数则输入适当的数值；对于节点则根据需要创建适当的节点。接下来，可以通过下述方法指定部件中的部分或全部操作和节点成为模板。在操作导航中选取部分或全部操作节点，然后单击右键→“对象” →“模板设置”，按图 7-21 所示，弹出“模板设置”对话框，如图 7-22 所示，从中选取“模板”，然后单击“确定”按钮，最后保存部件。于是，这个部件成为模板部件，这些操作和节点成为这个模板部件中包含的操作模板和节点模板。

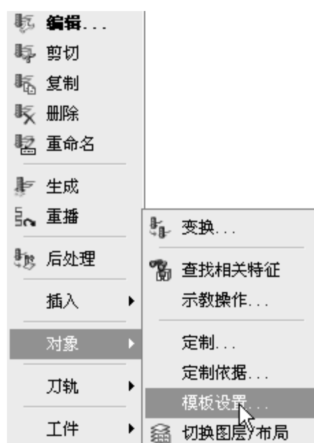


图 7-21　模板设置

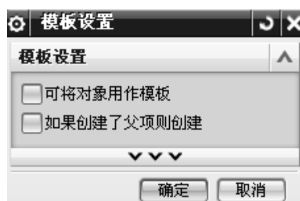


图 7-22　“模板设置”对话框

注意：为了便于将来使用模板，应当将模板部件及其作为模板操作和节点适当命名。模板部件的名称将成为创建操作、程序、刀具、加工几何、加工方法的对话框中模板类型的名称，模板的名称将成为创建操作、程序、刀具、如加工几何、加工方法的对话框中的子类型的名称。

2. 自定义操作模板的编辑和应用

对于已经创建的模板部件中的模板部件，以后还可以像编辑普通部件中的普通操作或节点一样去修改它，也可以使一个模板成为一个非模板的普通操作或节点。

模板可以在下述情况下应用：

1）将模板部件添加到已存的某个加工环境中或放在新创建的加工环境中成为加工环境中的一类操作模板。

2）在一个部件中初次进入制造模块时出现的加工环境对话框中，通过单击“浏览”按钮，在磁盘上选取模板部件，此模板部件将成为为部件指定的加工环境中的一种操作模板类型。模板部件中的模板成为这种操作模板类型的子类型。

3）在创建操作、程序、刀具、加工几何、加工方法的任何一个对话框中的类型下拉列表框中，选取“浏览”，通过弹出的文件选取对话框在磁盘上选取模板部件，此模板部件将成为此部件的加工环境中的一种操作模板类型。模板部件中的模板成为这种操作模板类型的子类型。

3. 指定随父节点载入

在一个模板部件中，可以指定其操作或节点随其父节点载入操作导航工具。首先选取某

些操作和节点，然后通过弹出菜单打开“模板设置”对话框，选取“连同父体载入”，于是，这些操作和节点被指定为随父载入的操作和节点。

1）如果模板部件中的某个操作被指定为随父载入，当在一个部件中使用这个模板部件作为操作类型之后，只要在操作导航工具中创建一个与这个操作的几何父节点同类型的节点，其下就会自动生成一个这样的操作。

2）如果模板部件中的某个节点被指定为随父载入，当在一个部件中使用这个模板部件作为操作类型之后，只要在操作导航工具中创建一个与这个节点的父节点同类型的节点，其下就会自动生成一个这样的子节点。

3）在一个部件中，如果在第一次进入制造模块时出现的加工环境对话框中选定用于初始化的某个操作类型对应的模板部件中存在被指定为随父载入的操作和节点，在进入制造模块之后，在操作导航工具中会自动生成同样的操作和节点。

7.3.2 用户定制加工环境

UG NX 8.5 以.dat 格式的文件作为加工环境的配置文件，一个配置文件定义一个 UG NX 8.5 加工环境。特定的加工环境不单纯只是指定特定的操作模板，还指定特定的车间工艺文件模板、刀具库、零件材料库、加工方法库、后处理模板（机床）、进给率库等。

1. 创建自己的 opt 文件

opt 文件用于指定加工环境中需要的所有模板部件。每一个模板部件将成为加工环境中的一种操作模板类型，模板部件中的模板操作成为加工环境中的操作模板（操作子类型）。opt 文件是文本文件，可以用文本编辑软件创建自己的 opt 文件。

下面是随系统附带的 cam_general 加工环境中的 cam_general.opt 文件的内容：

```
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_ENGLISH_DIR} mill_planar.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_ENGLISH_DIR} mill_contour.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_ENGLISH_DIR} mill_multi_axis.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_ENGLISH_DIR} drill.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_ENGLISH_DIR} turning.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_ENGLISH_DIR} wire_edm.prt
##
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_METRIC_DIR} mill_planar.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_METRIC_DIR} mill_contour.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_METRIC _DIR} mill_multi.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_METRIC_DIR} drill.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_METRIC_DIR} turning.prt
${UGII_CAM_TEMPLATE_PART_METRIC_DIR} wire_edm.prt
```

其中每一行包含一个 UG NX 8.5 环境变量（这些 UG NX 8.5 环境变量在 UG NX 8.5 安装目录\UGII 目录下的 UG 环境文件 ugii_env.dat 中，用于指定模板部件所在目录）和一个位于这个 UG NX 8.5 环境变量指示的目录下的模板部件——位于“##”上面各行指定所有公制单位的模板部件；位于“##”下面各行指定所有英制单位的模板部件。

用户可以按照上述格式创建自己的 opt 文件，只不过指定的模板部件可以是由自己创建

的模板部件。

2. 创建加工环境配置文件

下面以随系统提供的加工环境配置文件 cam_general.dat 为例，解释如何创建一个加工环境配置文件。

Cam_general.dat 位于 UG NX 8.5 安装目录\MACH\resource\configuration 下，其文件名就是第一次进入制造模块时在“加工环境”对话框中所看到的 cam_general 加工环境名，人们选取 cam_general，就是选取了由 cam_general.dat 配置的环境。用文本编辑软件（比如 Windows 的记事本、写字板等）可以打开 cam_general.dat，其中的内容解释如下：

1）TEMPLATE_OPERATION，$｛UGII_CAM_TEMPLATE_SET_DIR｝cam_general.opt 这一行指定了 cam_general.opt 文件及其所有的目录位置。目录位置是由 UG 环境文件 ugii_env.dat 中的 UG 环境变量 UGII_CAM_TEMPLATE_DIR 指示的目录。Cam_general.opt 文件包含了为 Cam_general 环境指定的所有的模板部件，每一个模板部件就是 Cam_general 环境中的一种操作类型。

2）TEMPLATE_POST，$｛UGII_CAM_POST_DIR｝template_post.dat 这一行指定了 template_post.dat 文件及其所在的目录位置。目录位置是有 ugii_env.dat 中的 UG 环境变量 UGII_CAM_POST_DIR 指示的目录。Template_post.dat 这一行指定了 UG POST 后处理模板，也就是 POST 后处理（Post Process）对话框中列出的机床。

3）其余各行分别指定特定的车间工艺文件模板、刀具库、零件材料库、加工方法库、后处理模板（机床）、进给率库等。在应用层面上，人们最关心的是加工环境中的操作模板，一般用户也可以定制后处理模板。其余各行指定的对象一般可使用系统提供的现成数据。

如果创建自己的加工环境，只需要做一个 cam_general.dat 的复制，改名后放在与 cam_general.dat 所在的同一目录下，将其中的 cam_general.dat 文件名置换成自己创建的 opt 文件名就可以了（当然自己创建的 opt 文件必须放在 UGII_CAM_TEMPLATE_SET_DIR 环境变量指定的目录下），将来在 Machining Environment 对话框中就会出现自己创建的加工环境。这样创建的加工环境除了操作模板不同，加工环境中的其余内容与 cam_general.dat 的相同。

所有随系统提供的加工环境配置文件全部位于 UG NX 8.5 安装目录\MACH\resource\configuration 下；所有随系统提供的公制单位的模板部件全部位于 UG NX 8.5 安装目录\MACH\template_part\metric 下；所有随系统提供的英制单位的模板部件全部位于 UG NX 8.5 安装目录\MACH\template_part\english 下。

根据上面的知识人们可以总结出创建加工环境的基本步骤：

1）根据自己的需要创建若干部件（保存在 UG NX 8.5 安装目录\MACH\resource\template_ part\metric 下）；

2）在各部件中创建合适的操作；

3）由“模板”复选框将各部件中的操作指令顶为模板，于是这些部件成为模板部件；

4）创建自己的 opt 文件（保存在 UG NX 8.5 安装目录\MACH\resource\template_set 下），在 opt 文件中指定这些模板部件；

5）通过复制已有的系统环境文件创建自己的加工环境文件（仍然保存在 UG NX 8.5 安

装目录\MACH\resource\configuration 下），注意给环境文件一个适当的文件名；

6）在加工环境文件中用自己的 opt 文件名替换原来的 opt 文件名，从此以后在 Machining Environment 对话框中就会出现自己创建的这个加工环境。

3．cam_library 和 cam_iman_library 环境的原理

在“加工环境”对话框中的 CAM 作业配置（CAM Session Comfiguration）列表中的 cam_library 和 cam_iman_library 是 UG NX 新增的两种加工环境，其指定环境的方式与上述方法有些差异。

（1）cam_library 环境

cam_library 环境的配置文件 cam_library.dat 除了包含上面 1、2 部分所述的内容之外，还增加了下列内容：

LIBRARY_SETUP_TEMPLATE,${UGII_CAM_LIBRARY_TEMPLARY_DIR}tempate.def，${UGII_ CAM_LIBRARY_TEMPLARY_DIR}tempate.tcl

其中的 tempate.def 和 tempate.tcl 是位于 UG NX 8.5 安装目录\MACH\resource\template_dir 中的文件，template_dir 目录还包含 template_dat 文件。cam_library 环境由这 3 个文件共同决定部分操作模板的选择，这是一种不同于利用.opt 文件指定操作模板的方法。

tempate.def 文件指定了选取 cam_library 环境后弹出的 Library Class Selection 对话框中的各选项名称。当在 Library Class Selection 对话框选取了一个选项之后，系统在 template_dat 文件中搜索与选项名称匹配的所有项目（template_dat 文件中的每一个项目包含若干模板部件，这些模板部件成为指定环境中的操作模板类型）并列出在接下来弹出的 Search Result 对话框中。当在 Search Result 对话框中选取其中一个项目之后，在 template_dat 文件中与此项目对应的所有指针指向的所有操作模板成为加工环境中的所有操作模板。

注意：Library Class Selection 对话框中有 GENERAL 选项定义的加工环境中包含的操作模板仍然是有 cam_library.dat 文件声明的 cam_general.opt 文件指定的操作模板，因此与上述的 tempate.def 和 tempate.tcl 和 templat.dat 文件无关。

（2）cam_iman_library 环境

cam_iman_library 环境类似上述 cam_library 环境，不同之处在于：环境中指向的操作模板部件不是本地计算机中的操作模板部件，而是指向产品数据管理（PDM）软件 iman 设定的数据库中的操作模板部件。因此，如果用户的计算机不是 iman 系统中的一员，就不能使用 cam_iman_library 环境。

7.4 装配加工

装配加工就是将被加工的零件、加工机床、各种工装夹具按实际加工情况建立其装配模型（可以是简化的模型），然后对被加工零件进行加工刀轨的定义过程。直接在装配模型上对零件完成加工刀轨的生成，是 UG 加工的重要特点之一。

在装配加工中定义一个加工操作时，可以选择装配部件中的任意几何对象，也可以选择任意装配组件的部件文件中的任意几何对象。而所有选择到的几何对象都是与装配模型相关的，如图 7-23 所示为装配加工模型。

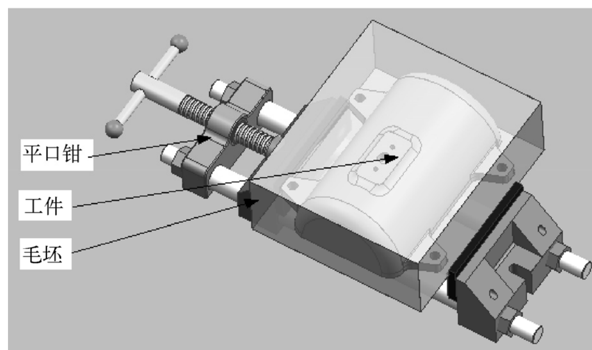


图 7-23　装配加工模型

7.4.1 主模型的概念

有关主模型的概念，请参考 UG NX 8.5 建模设计方面的教材中有关装配建模部分的内容。

在装配加工中的主模型概念，具体是指先建立加工的装配模型。在开始加工之前，先创建一个新的加工部件文件，然后利用装配功能中的添加部件功能将加工装配模型作为一个独立的部件添加到加工部件文件中，所有的加工操作都是在该加工部件文件中定义，这些操作及其参数信息都保留在该部件文件中，所有的操作中所利用的几何对象都与装配模型相关。这样一来，在用户对指定零件创建加工刀轨的同时，负责设计加工装配模型的设计师或工艺师可以继续修改加工装配模型。一旦加工装配模型被修改，用户对该加工装配模型所创建的加工刀轨所依赖的几何对象也会相应更新。

这种由多人组成的一个设计开发小组，共同完成某一个产品的设计建模和加工等多项工作的方法，称为“并行工程（Concurrent Engineering）”方法。

7.4.2 加工装配

装配模型可直接用 UG NX 8.5 的加工模块 UG NX 8.5/加工进行加工，装配模型中可包含所有的工装夹具。这种加工方法比传统方法有如下优点：

1）免去了要将被加工零件的夹具几何对象合并到被加工零件模型中。

2）在没有“写”访问权限的情况下，CNC 编程员可以生成与模型完全相关的刀轨。

3）允许多个 CNC 编程员同时在各自的文件中开发 CNC 数据。

7.5 输出车间工艺文件

7.5.1 车间工艺文件的用途

用户可以根据特定的需要，通过“车间文档”功能抽取当前显示部件的部件几何、部件材料、控制几何、加工参数、控制参数、加工顺序、机床设置、机床控制事件、后处理命令、刀具参数、刀轨信息来创建包含特定信息的网页文件，或纯文本文件格式的网页文件。这些文

件多半都是用于提供给生产现场的机床操作人员的，免除了手工撰写工艺文件的麻烦。

7.5.2 输出车间工艺文件

单击“加工对象”工具条中的“车间文档”按钮，或选择菜单“信息”→“车间文档”命令，系统弹出如图 7-24 所示的“车间文档”对话框。该对话框可以输出用于提供给生产现场的机床操作人员的车间工艺文件，将自己定义的刀具快速加入 UG NX 8.5 的刀具库中。

1. 报告格式

“报告格式”表框里的每一项都是一个工艺文件模板，可以生成包含特定信息的工艺文件。凡是标有（HTML）的模板，生成网页格式文件；凡是标有（TEXT）的模板，生成纯文本格式的网页文件。

2. 文件名

“文件名”文本框中可以输入输出文档的名称和所在的目录，当采用默认名称时，单击“车间文档”对话框中的“确定”按钮。



图 7-24 “车间文档”对话框

7.6 UG NX 8.5 高速加工简介

7.6.1 高速加工概述

1. 概述

高速铣削加工技术是 20 世纪 80 年代开始发展起来的新技术，目前市场上出现的高速铣削加工机床主轴的最高转速在 40000～60000r/min，在 x、y、z 坐标轴方向的最大工作进给速度提高到 24～30m/min。高速加工的基本出发点是高速低负荷状态下的切削，比低速高负荷状态下切削更快地切除材料。

低负荷切削意味着可减轻切削力，从而减少切削过程中的振动和变形。与普通机加工相比，高速加工采用全新的加工工艺，从刀具、切削参数到走刀轨径的选择及程序的编制都不同于传统的加工。它在提高工件的加工质量和效率、降低加工成本方面的优势是显而易见的，如可以获得很高的表面质量，容易实现零件的精细结构的加工而避免了大量电极制造和耗时的放电加工。同时简化了生产的工序，使绝大多数的工作都集中在高速加工中心上完成。以模具加工为例，高速加工的模具的生产周期缩短至少 60%，成本下降约 30%。并且高速加工的模具较电火花加工的模具表面质量更佳，使用寿命更长。同时，高速加工切削力大幅下降，配用合适的刀具可以实现一些传统方法难以实现的加工，如难切削材料（淬硬钢、石墨、钛合金）的加工、一些微小结构（小孔、细槽）的铣削加工、薄壁类零件的加工等。

2. 高速加工的工艺设置

使用高速加工技术，不仅要有适合高速加工的设备——高速加工中心，还要选择适合高

速加工的刀具，并选用合适的加工工艺，才能发挥最大的效益。

（1）刀具的选择

1）刀柄的选择：高速加工要选用 HSK 系列的刀柄，该刀柄采用锥面和端面双重定位，刚性好、精度高，可满足日益发展的高速和高精度加工需求。同时选用热缩式刀夹可以获得更高的同心度和平衡性能。

2）刀具几何参数的选择：高速切削加工切削力及扭矩较小，可以先用较大的后角较尖锐的切削，例如在切削 45 钢时后角 a=12°～16°，以便降低工件材料在后刀面的接触摩擦效应，有利于提高刀具寿命。

3）刀具材料的选择：切削钢件使用的硬质合金刀具必须具有很高的热硬度，因此 TiC 含量较高的 P 类合金优于 WC 含量较高的 K 类硬质合金。与硬质合金相比，陶瓷刀具的寿命要高得多，但它性脆，导热能力差，只适用于小的背吃刀量和进给量。使用涂层硬质合金刀具，如物理气相沉积（PVD）方法涂覆的 T iN 涂层刀具，可以大幅度提高刀具的抗磨损能力，从而提高刀具的寿命，根据切削速度的不同，可以达到 50%～200%之间。

（2）选择合适的切削用量

使用高速加工技术，选择合适的切削用量和进给量，不仅能有效提高加工效率，同时有利于延长刀具的使用寿命，从而达到最佳的效益。

1）进给量的选择：在进给量增大时，刀具寿命先是上升，而在达到临界值后迅速下降。这是因为，初始阶段，由于刀具在工件的切削次数减少，之后进给量增大引起的切削力增加，工件切削路径变长和前刀面接触温度上升，造成刀具前刀面月牙洼磨损，使刀具寿命下降。

2）背吃刀量的选择：铣刀的轴向背吃刀量对刀具寿命影响较小，在加工过程中，铣削宽度尽量选得大些。相反，径向背吃刀量对刀具寿命的影响很大，后者随前者增大而下降。一般推荐径向背吃刀量为铣刀直径的 5%～10%。

3）切削液对刀具寿命影响有限，这是因为铣削主轴高速旋转，切削液若要达到切削区，首先要克服极大的离心力，即使它克服了离心力进入了切削区，也可能由于切削区的高温而立即蒸发，切削效果很小甚至没有；同时切削液会使刀具刃部的温度激烈变化，容易导致裂纹的产生。因此高速机床转速达到 20000 r/min 以上时，一般建议用户采用油/汽冷却润滑的切削方式。这种方法可以用高压气体迅速吹走切削区产生的切屑，从而将大量的切削热带走。同时经雾化的润滑油可以在刀具刃部和工具表面形成一层极薄的微观保护膜，可有效地延长刀具寿命并提高零件的表面质量。

3. 高速加工程序的编制

高速加工在绝大部分情况下应使用自动编程，并且应选择支持高速加工的软件系统。采用适合高速加工的编程策略即选择合适的工艺方法也至关重要。有一点必须记住，高速加工并不是简单地使用现有刀具路径，通过提高主轴转速和进给率实现。

采用高速铣削加工编程的原则主要与数控加工系统、加工材料、所用刀具等方面有关。使用 CAM 系统进行数控编程时，除刀具选择、切削用量以及选择合适的加工参数可以根据具体情况设置外，加工方法的选择就成为高速加工数控编程的关键。如何选择合适的加工方法来较为合理、有效地进行高速加工的数控编程，需要考虑的问题主要与以下几个方面相关：

1）由于高速加工中心具有前视或预览功能，在刀具需要进行急速转弯时加工中心会提前进行预减速，在完成转弯后再提高运动速度。机床的这一功能主要是为了避免惯性冲击过大，从而导致惯性过切或损坏机床主轴而设置的。有些高速加工中心尽管没有这一功能也能较好地承受惯性冲击，但该情况对于机床的主轴也是不利的，会影响主轴等零件的寿命。在使用 CAM 进行数控编程时，要尽一切可能保证刀具运动轨迹的光滑与平稳，尽量避免切削方向的突然变化。

2）由于高速加工中刀具的运动速度很高，而高速加工中采用的刀具通常又很小，这就要求在加工过程中保持固定的刀具载荷，应避免材料切除率的突然变化，避免刀具过载。因为刀具载荷的均匀与否会直接影响刀具寿命、机床主轴寿命等，在刀具载荷过大的情况下还会导致断刀。

3）采用更加安全和有效的加工方法，并进行安全检查与分析，确保刀具及刀柄不与零件产生碰撞。

4）尽量减少空程移动，使切削时间减少到最短。高速加工设备本身十分昂贵，而刀具消耗及其他费用也相对较高，保证机床使用的是最好的程序，最短的时间完成加工才能有良好的经济性。

5）合理安排加工顺序至关重要。安排加工顺序时应尽可能地将加工步骤减少到最少，尽可能地使用连续策略，例如，环绕路径通常比平行路径好；在零件的一些临界区域应尽量保证不同步骤的精加工路径不重叠，如果出现路径重叠，势必会出现刀痕：尽量不换刀，使用单个刀具精加工临界区域，换刀常常导致精加工后加工表面出现刀痕。

4. 充分发挥 CAM 软件的高速加工特性

许多 CAM 系统都有很多高级的加工能力，充分利用和挖掘这些加工能力，可以极大地改善加工的效果。采用更适合高速加工的加工方法，充分利用 CAM 软件内在的优秀功能。先进 CAM 系统提供了许多更适合高速加工的加工方法。如在轮廓加工中，用户可以使用螺旋式三轴连动的加工方法。使用该加工方法进行轮廓加工时，刀具一边沿轮廓切削，一边在纵向进刀，这保证了刀具载荷的稳定，刀轨轨迹也自然平滑。用户还可以采用摆线式加工，摆线式加工是利用刀具沿一滚动圆的运动来逐次对零件表面进行高速与小切量的切削，采用该种方法可以有效地进行零件上窄槽和轮廓的高速小切量切削，对刀具具有很好的保护作用。在进行零件的精加工和加工中心支持 NURBS 代码的情况下，应采用 NURBS 编程，这样产生的刀轨轨迹的数据量不仅少，而且刀具运动也更光滑、平稳、高效。

粗切削时使用具有层间二次粗加工优化的功能。在等高线粗切中，由于零件上存在斜面，会在斜面上留有台阶，导致残留余量不够均匀，这样对后续的加工不利。如刀具载荷不均匀，尽管系统具有载荷的分析与优化，但必将影响加工的效率和质量。因此在进行粗切时，用户应选择具有优秀的层间二次粗加工功能，在粗切时就得到了余量均匀的结果，为后续加工提供更有利的条件，也提高了加工的效率。

在最后阶段对零件进行清根时，利用具有斜率分析的清根算法，对陡峭拐角和平坦拐角区别对待，即对陡峭拐角的清根使用等高线一层一层清根，对平坦区域采用沿轮廓清根，可以更好地保护刀具，获得更好的表面质量。

在等高方式精加工时，应使用螺旋式改变进刀位置的方式，以避免在固定好位置留有进刀痕迹，保证加工结果的整体优良。

好的高速加工程序在机床上执行得非常快，但它的产生却需花费很长的时间和大量的精力。如在模具制造这样的单件加工领域，因等待加工程序而导致机床停机的现象可能经常发生。如果简单地将这种压力强加给 CAM 操作者，让他们更快地产生刀具路径，常常会迫使他们走捷径。其结果是所编制的程序并不经济、有效，尽管机床在继续运转，但加工速度却大打折扣。要得到最好的高速加工结果，必须提供足够强大的 CAM 能力，以能得到高质量的加工程序，保证机床能全负荷地进行工作。

7.6.2 高速加工编程方法

由于高速加工的特殊性和控制的复杂性，在高速切削条件下，传统的 NC 程序已不能适应加工要求了。因此必须认真考虑加工过程中的每一个细节，深入研究高速切削状态的高速加工的编程方法。

高速加工编程时需要考虑以下特点：

1）轻而恒定的切削载荷。保持恒定的切削载荷应要注意保持整个高速切削过程中金属去除量要恒定，保持刀具平滑切入、切出工件。

2）使用等高轮廓铣。等高轮廓铣可以利用陡峭角把陡峭区域和非陡峭区域分开，来保证加工区域均有恒定的参与材料。

3）使用 Nurbs 插补输出。如果后处理和机床控制器支持 Nurbs 插补计算，在“机床控制”对话框中可以设置“运动输出”选项的方式为“Nurbs”插补，不仅可以大大减少程序量，还可以在高速进给时产生更加光滑的曲面。



第 8 章　底板数控加工

8.1　实例分析

8.1.1 实例分析

底板材料为 45 钢，零件模型如图 8-1 所示。先分析零件模型，零件模型比较简单，没有曲面、直角或窄槽，所以编制数控加工程序时不需要进行模型修补，就可以直接完成刀具路径的编制。通过零件图或者分析测量该零件的结构形状和大小，确定其加工顺序、刀具（直径、类型、圆角半径）和加工方式，然后根据该加工顺序和加工方式等因素进行刀具路径程序编制。

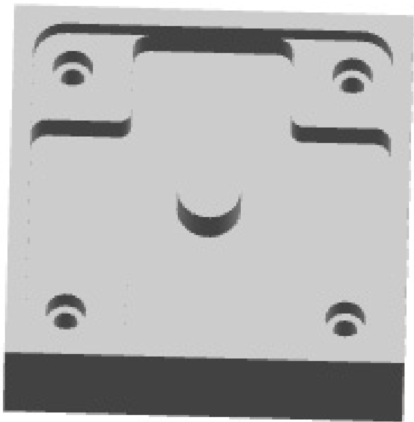


图 8-1　零件模型图

毛坯为 100mm×100mm×30mm，要求按图加工，图中的孔的位置精度要求较高，型腔的表面精度和尺寸精度要求较高。该零件先加工各个型腔，采用平面铣或者表面铣，粗加工也可以采用型腔铣；型腔加工好后再加工孔。

铝合金的加工性能较好，可选用白钢刀或者硬质合金刀，建议选用硬质合金刀。零件的精度要求较高，所以除了对编程技术员要求较高外，加工时，对机床操作员在工件装夹和对刀要求也很高。由于 45 钢的加工性能一般，可选用白钢刀或者硬质合金刀，建议选用硬质合金刀。

本例是一个比较典型的平面加工零件，主要包括平面铣、轮廓精加工和表面精加工。本例主要目的是通过零件加工的过程，让读者逐步熟悉平面铣、面铣和点位加工的基本思路和步骤。

8.1.2 加工工艺方案

零件材料是 45 钢，加工思路是先通过平面铣进行粗加工，侧面留 0.3mm 加工余量，底面留 0.1mm 的余量，再用面铣精加工底面，最后用平面铣精加工侧壁。加工工艺方案制定如表 8-1 所示。

加工原点设置在工件的顶平面的中心及 X、Y 的坐标原点位置为（50，50，30）。

毛坯应该在数控机床上加工前做好，比如 4 个侧面需要加工，上下表面需要加工，特别是上表面。

具体的加工工艺方案如表 8-1 所示。

表 8-1 加工工艺方案

序　号	加 工 内 容	加 工 方 式	刀　具	余量/mm
1	下料 100mm×100mm×30mm			
2	粗加工	平面铣	Φ16 的立铣刀	0.3
3	二次粗加工	平面铣	Φ8 的立铣刀	0.3
4	精加工所有侧面	平面铣	Φ8 的立铣刀	0
5	精加工所有底面	表面铣	Φ8 的立铣刀	0
6	点钻正面的 4 个孔	中心钻	中心钻	0
7	钻孔 Φ5.8	断屑钻	Φ5.8 钻头	0.2
8	铰孔 Φ6	铰孔	Φ6 铰刀	0
9	锪孔 Φ8	锪孔	Φ8 的立铣刀	0

8.2 具体的加工步骤

8.2.1 打开文件并进入加工环境

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开”对话框，选择本书光盘中的“X：/8/8-1.prt”文件，单击“OK”按钮。

进入加工环境，选择菜单“开始”→“加工”命令，系统弹出如图 8-2 所示的“加工环境”对话框，“CAM 会话配置”选择“cam_general”，“要创建的 CAM 设置”选择“mill_planar”，单击“确定”按钮，即可进入加工环境。

8.2.2 确定加工坐标系

1．确定坐标系

单击“导航器”工具条中的“几何视图”按钮，再双击导航器中的按钮，然后将操作导航器移到左侧。

双击左侧操作导航器中的 MCS_MILL，或者在左侧操作导航器中选择 MCS_MILL，单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，系统弹出如图 8-3 所示的“MCS 铣削”

对话框。单击“指定 MCS”后的“CSYS 对话框”按钮，系统弹出如图 8-4 所示的“CSYS”对话框。“类型”下拉列表中选择“X 轴，Y 轴，原点”，单击“原点”选项组下的“点对话框”按钮，系统弹出如图 8-5 所示的“点”对话框。分别在“X”“Y”“Z”文本框中输入 0、0、30 数值，单击“确定”按钮，系统返回到“CSYS”对话框。“X 轴”选项组下的“指定矢量”后的选项选择“XC 轴”，“Y 轴”选项组下的“指定矢量”后的选项选择“YC 轴”，单击“确定”按钮，系统返回到“MCS 铣削”对话框。



图 8-2 “加工环境”对话框



图 8-3 “MCS 铣削”对话框



图 8-4 “CSYS”对话框



图 8-5 “点”对话框

2．确定安全平面

在“MCS 铣削”对话框中的“安全设置选项”下拉列选项中选择“平面”，单击“指定平面”后的“平面对话框”按钮，系统弹出如图 8-6 所示的“平面”对话框。选择零件模型的上表面，在“偏置”选项组下的“距离”文本框中输入 3，单击“确定”按钮，产生安全平面如图 8-7 所示，系统返回到“MCS 铣削”对话框，再单击“确定”按钮。



图 8-6 “平面”对话框

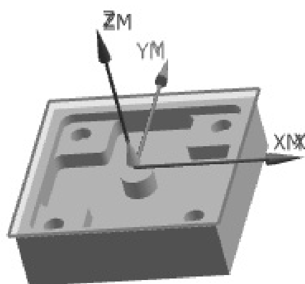


图 8-7 创建的安全平面

8.2.3 创建几何体

在“操作导航器”窗口中选择“MCS_MILL”下的“WORKPIECE”，按鼠标右键并选择“编辑”命令，或者双击“WORKPIECE”，如图 8-8 所示，系统弹出如图 8-9 所示的“工件”对话框。



图 8-8 编辑“WORKPIECE”



图 8-9 “工件”对话框

1．选择部件几何体

在“工件”对话框中，单击“指定部件”后的“选择或编辑部件几何体”按钮，系统弹出如图 8-10 所示的“部件几何体”对话框。选择如图 8-7 所示的模型，单击“确定”按钮，系统返回到“部件”对话框。

2．选择毛坯几何体

在“部件”对话框中，单击“指定毛坯”后的“选择或编辑毛坯几何体”按钮，系统弹出如图 8-11 所示的“毛坯几何体”对话框。“类型”下拉列表中选择“包容块”，单击“确定”按钮，系统返回到“工件”对话框，单击“确定”按钮。



图 8-10 “部件几何体”对话框



图 8-11 “毛坯几何体”对话框

8.2.4 创建刀具

单击“导航器”工具条中的“机床视图”按钮，操作导航器中显示为机床顺序视图。

1．创建立铣刀

1）单击“刀片”工具条中的“创建刀具”按钮，系统弹出如图 8-12 所示的“创建刀具”对话框。“刀具子类型”选择图标，在“名称”文本框中输入 D16，单击“应用”按钮，弹出如图 8-13 所示的“铣刀-5 参数”对话框。

2）设置刀具的参数，按如图 8-13 所示设置。

- 设定“直径”为 16；
- “下半径”为 0；
- “刀具号”为 1；
- “补偿寄存器”为 1；
- 其他选项依照默认值设定。

刀具参数设置完后，单击“确定”按钮，则 D16 立铣刀就创建好了。



图 8-12 “创建刀具”对话框

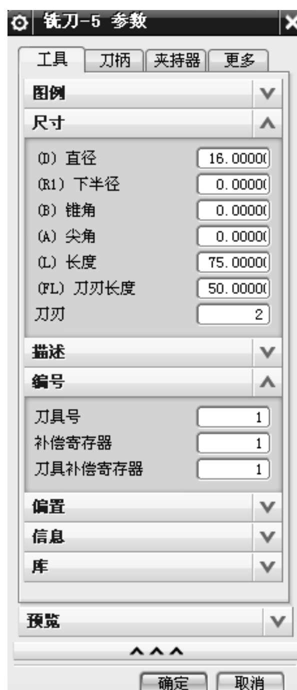


图 8-13 “铣刀-5 参数”对话框

3）用相同的方法创建 Φ10 的立铣刀和 Φ8 的立铣刀，它们的名称分别为 D10 和 D8，“直径”分别为 10 和 8，“刀具号”分别为 2 和 3，“补偿寄存器”分别为 2 和 3。

2．创建中心钻

在“创建刀具”对话框中，“类型”下拉列表中选择“drill”，“刀具子类型”选择中心钻图标，在名称文本框中输入 DZ，如图 8-14 所示，单击“应用”按钮，系统弹出如图 8-15 所示的“钻刀”对话框。

设置刀具 DZ 的参数，按如图 8-15 所示设置。

- “直径”文本框中输入 6；
- “刀具号”文本框中输入 4；
- “补偿寄存器”文本框中输入 4；
- 其他参数采用默认值。

刀具参数设置完后，单击“确定”按钮，则 DZ 钻刀就创建好了。

3．创建 Φ5.8 的麻花钻

创建 Φ5.8 的麻花钻的方法与中心钻的方法基本一样，不同的地方如下：

“刀具子类型”选择中心钻图标，即麻花钻；

- 刀具名称为 ZK；
- 刀具的直径为 5.8；
- “刀具号”为 5；
- “长度补偿”为 5；
- 其他参数采用默认值。

刀具参数设置完后，单击“确定”按钮，则 ZK 钻刀就创建好了。



图 8-14 “创建刀具”对话框



图 8-15 “钻刀”对话框

4．创建直径 Φ6 的铰刀

在“创建刀具”对话框中“刀具子类型”选择铰刀图标，在名称文本框中输入 JD，单击“应用”按钮，系统弹出“钻头”对话框，输入有关刀具参数：

- “直径”为“6”；
- “下半径”为“0”；
- “刀具号”为 6；
- “长度补偿”为 6；
- 其他参数采用默认值。

当刀具参数设置完后，单击“确定”按钮，则直径 Φ6 的铰刀就创建好了。

8.2.5 创建粗加工操作

单击“导航器”工具条中的“程序顺序视图”按钮，“操作导航器”切换到程序顺序视窗。

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 8-16 所示“创建工序”对话框，按图 8-16 设置各选项：

- “类型”的下拉列表中选择“mill_planar”；
- “工序子类型”选择 PLANAR_MILL，即图标为；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”；
- “刀具”下拉列表中选择“D16”；

- “方法”下拉列表中选择“MILL_ROUGH”;
- “名称”文本框中输入 PLA_ROU。

设置完后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 8-17 所示的“平面铣”对话框。



图 8-16 “创建工序”对话框



图 8-17 “平面铣”对话框

2．创建几何体

（1）创建部件边界

在“平面铣”工序对话框中，单击“几何体”选项组，将“几何体”选项组展开，然后单击“指定部件边界”后的“选择或编辑部件边界”按钮，系统弹出如图 8-18 所示的“边界几何体”对话框。“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出如图 8-19 所示的“创建边界”对话框。“类型”下拉列表中选择“封闭的”，“平面”下拉列表中选择“自动”，“材料侧”下拉列表中选择“外部”，“刀具位置”下拉列表中选择“相切”，然后选择如图 8-20 所示的实体边缘，单击“创建下一个边界”按钮，即可创建好一条边界。然后再创建第 2 条和第 3 条边界，“平面”下拉列表中选择“用户定义”，系统弹出如图 8-21 所示“平面”对话框，选择如图 8-22 所示的表面，单击“确定”按钮，系统返回到“创建边界”对话框，然后选择如图 8-23 所示的实体边缘，单击“创建下一个边界”按钮，即可创建第 2 条边界。“平面”下拉列表中选择“自动”，“材料侧”下拉列表中选择“内部”，然后选择如

图 8-24 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。



图 8-18 “边界几何体”对话框



图 8-19 “创建边界”对话框

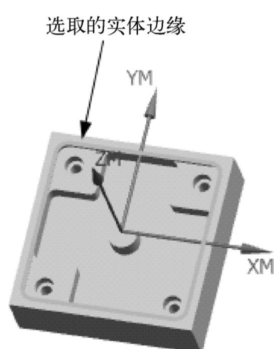


图 8-20 选取的实体边缘 1



图 8-21 “平面”对话框

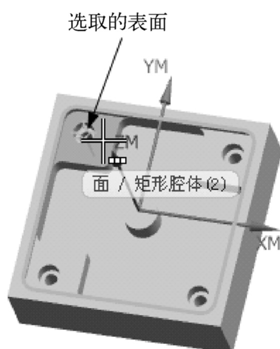


图 8-22 选取的实体表面 1

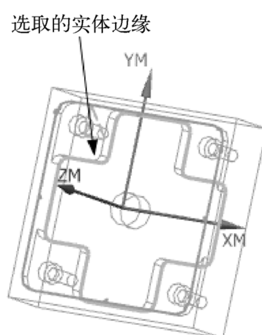


图 8-23 选取的实体边缘 2

（2）创建毛坯边界

在”平面铣”工序对话框中，单击“指定毛坯边界”后的“选择或编辑毛坯边界”按钮，系统弹出如图 8-18 所示的“边界几何体”对话框。“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出如图 8-19 所示的“创建边界”对话框。“类型”下拉列表中选择“封闭的”，“平面”下拉列表中选择“自动”，“材料侧”下拉列表中选择“内部”，“刀具位置”下拉列表中选择“相切”，然后选择如图 8-25 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

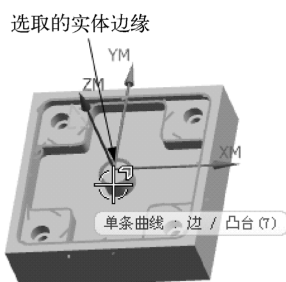


图 8-24　选取的实体边缘 3

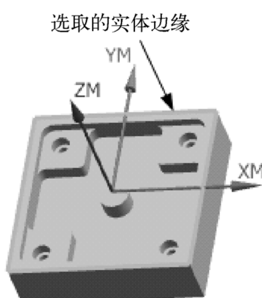


图 8-25　选取的实体边缘 4

（3）设置底平面

在”平面铣”工序对话框中，单击“指定底面”后的“选择或编辑底平面几何体”按钮，系统弹出如图 8-21 所示的“平面”对话框。然后选择如图 8-26 所示的实体表面，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

3．选择切削方法和切削用量

在“平面铣”工序对话框中，如图 8-17 所示，“切削模式”下拉列表中选择“跟随部件”，“步距”下拉列表中选择“恒定”，“最大距离”文本框中输入 12。

4．设置切削层

在“平面铣”工序对话框中，单击“切削层”后的“切削层”按钮，系统弹出如图 8-27 所示的“切削层”对话框。“类型”下拉列表中选择“恒定”，“公共”文本框中输入 0.3，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

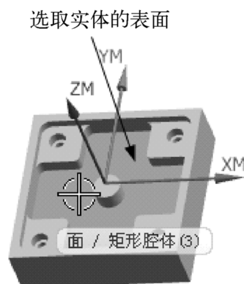


图 8-26　选取的实体表面 2



图 8-27　“切削层”对话框

5．设置切削参数

在“平面铣”工序对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 8-28 所示的“切削参数”对话框。

1）单击“策略”选项卡，按如图 8-28 所示设置各项参数：

- 设置“切削顺序”为“层优先”；
- “切削方向”为“顺铣”；
- 勾选“添加精加工刀路”复选框；
- “刀路数”文本框中输入 1；
- “精加工步距”文本框中输入 3，单位选择 mm；
- “毛坯距离”为 0；
- 其他参数采用默认值。

2）选择“余量”选项卡，按如图 8-29 所示设置各项参数：



图 8-28 “切削参数”对话框 1



图 8-29 “切削参数”对话框 2

- “部件余量”文本框中输入 0.3；
- “最终底面余量”文本框中输入 0.15；
- 其他参数采用默认值。

“切削参数”对话框中的其他选项不需要设置，在本实例中采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

6．设置非切削参数

在“平面铣”工序对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 8-30 所示的“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削运动参数。

（1）设置进刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，如图 8-30 所示。对话框上部为“封闭区域”进刀方式，下部为开放区域进刀方式，按图 8-30 所示设定各参数。

● “进刀类型”下拉列表中选择“螺旋”;

● 其他参数采用默认值。

（2）设置退刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡。在“退刀类型”下拉列表中选择“圆弧”，其他参数采用默认值。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

7．设置进给和速度

在“平面铣”工序对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框如图 8-31 所示。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。

在“主轴速度”文本框中输入 1500，单击“主轴速度”选项组下的“更多”选项组，将“主轴速度”选项组下的“设置”选项组展开，“输出模式”下拉列表中选择“RPM”，“方向”下拉列表中选择“顺时针”。

“切削”文本框中输入 330，单位选择 mmpm，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框，如图 8-31 所示。



图 8-30 “非切削移动”对话框



图 8-31 “进给率和速度”对话框

8．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮，产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 8-32 所示。

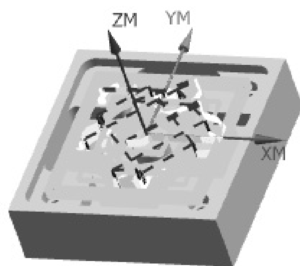


图 8-32 粗加工刀具轨迹

8.2.6 二次粗加工

1．复制粗刀具路径

在操作导航器视图中选择上面所创建的粗加工刀具路径

（PLA_ROU），单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，如图 8-33 所示，即可复制刀具路径 PLA_ROU。

2．粘贴刀具路径

在操作导航器视图中单击右键，在弹出的菜单中选择“粘贴”命令，如图 8-34 所示。在刀具路径 PLA_ROU 下将生成新的刀具路径 PLA_ROU_COPY，新的刀具路径名称前有禁止号 ⊘，表示该路径需要重新生成，如图 8-35 所示。



图 8-33 复制粗加工刀具路径



图 8-34 粘贴粗加工刀具路径

3．修改刀具路径的名称

选择粘贴的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，如图 8-36 所示，刀具路径名称部分将出现方框。输入新的刀具路径名称，在方框内输入新的刀具路径名称：PLA_ROU2，表示半精加工，如图 8-37 所示。



图 8-35 粘贴的刀具路径



图 8-36 刀具路径的更名

4．编辑二次粗加工操作

编辑刀具路径的名称方法有两种，一种是选择二次粗加工工序，快速双击左键；另一种是选择二次粗加工工序，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，如图 8-38 所示。两种方法都会进入“平面铣”对话框。



图 8-37 修改名称后的刀具路径



图 8-38 编辑操作

（1）修改刀具

在“平面铣”对话框中，单击“工具”选项栏将其展开，然后在“刀具”下拉列表中选择“D8（铣刀-5 参数）”，即 Φ8 的立铣刀。

（2）修改切削参数

单击“平面铣”对话框中的“刀轨设置”选项组下的切削参数后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 8-39 所示的“切削参数”对话框。单击“空间范围”选项卡，“处理中的工件”下拉列表中选择“使用参考刀具”，“参考刀具”下拉列表中选择“D16（铣刀 -5 参数）”，“重叠距离”文本框中输入 3，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（3）设置进给和速度

在“平面铣”工序对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。在“主轴速度”文本框中输入 2800，“切削”文本框中输入 420，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（4）生成刀具轨迹

修改完刀具工路径后，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 8-40 所示。



图 8-39 “切削参数”对话框

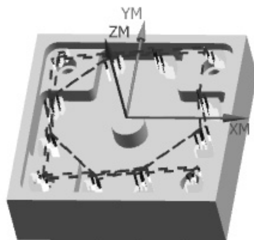


图 8-40 二次粗加工刀具路径

8.2.7 精加工所有侧面

1．创建精加工所有侧面的刀具路径

创建精加工所有侧面刀具路径与二次粗加工刀具路径产生的方法基本相同，先是复制粗加工刀具路径，然后粘贴复制的刀具路径，粘贴后修改刀具路径的名称为 PLA_CM。

2．编辑刀具路径

选择精加工所有侧面的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，系统弹出如图 8-41 所示的“平面铣”对话框。

（1）修改刀具

在“平面铣”对话框中，单击“工具”选项栏将其展开，然后在“刀具”下拉列表中选择“D8（铣刀-5 参数）”，即 Φ8 的立铣刀。

（2）修改加工方法和切削模式

在如图 8-41 所示的“平面铣”对话框中，“刀轨设置”选项组下的“方法”下拉列表中选择“MILL_FINISH”，“切削模式”下拉列表中选择“轮廓加工”，“最大距离”文本框中输入 0。

（3）设置切削层

在“平面铣”工序对话框中，单击“切削层”后的“切削层”按钮，系统弹出如图 8-27 所示的“切削层”对话框。“公共”文本框中输入 1，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（4）修改切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“刀轨设置”选项组下的“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 8-42 所示的“切削参数”对话框。单击“余量”选项卡，在“部件余量”文本框中输入 0，在“最终底面余量”文本框中输入 0.15，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。



图 8-41 “平面铣”对话框



图 8-42 “切削参数”对话框

（5）修改非切削移动参数

在“平面铣”工序对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 8-43 所示的“非切削移动”对话框。单击“进刀”选项卡，单击“开放区域”选项栏将其展开，然后在“进刀类型”下拉列表中选择“圆弧”，“半径”文本框中输入 3，单位选择“mm”，“圆弧角度”文本框中输入 45，“最小安全距离”文本框中输入 1，单位选择“mm”，分别勾选“修剪至最小安全距离”“忽略修剪侧的毛坯”和“在圆弧中心处开始”复

选框，其他选项采用默认值。单击“退刀”选项卡，对话框如图 8-44 所示，“退刀类型”下拉列表中选择“圆弧”，“半径”文本框中输入 3，单位选择“mm”，“圆弧角度”文本框中输入 45，勾选“修剪至最小安全距离”复选框，其他选项采用默认值。单击“起点/钻点”选项卡，对话框如图 8-45 所示，在“重叠距离”文本框中输入 2，其他选项采用默认值。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。



图 8-43 “非切削移动”对话框 1



图 8-44 “非切削移动”对话框 2

（6）设置进给率和速度

在“平面铣”工序对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。在“主轴速度”文本框中输入 3200，“切削”文本框中输入 450，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（7）生成刀具轨迹

修改完刀具工路径后，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 8-46 所示。



图 8-45 “非切削移动”对话框 3

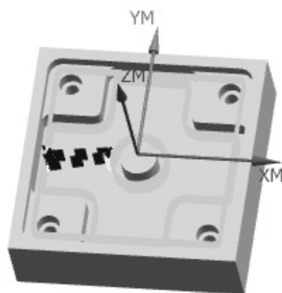


图 8-46 刀具路径

8.2.8 精加工所有底面

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 8-47 所示的“创建工序”对话框。按图 8-47 所示设置各选项：

- “类型”下拉列表中选择“mill_planar”；
- “工序子类型”选择图标；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”；
- “刀具”下拉列表中选择“D8”；
- “方法”下拉列表中选择“MILL_FINISH”；
- “名称”文本框中输入 FLOOR_DM。

设置完后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 8-48 所示的“底面壁”对话框。



图 8-47 “创建工序”对话框

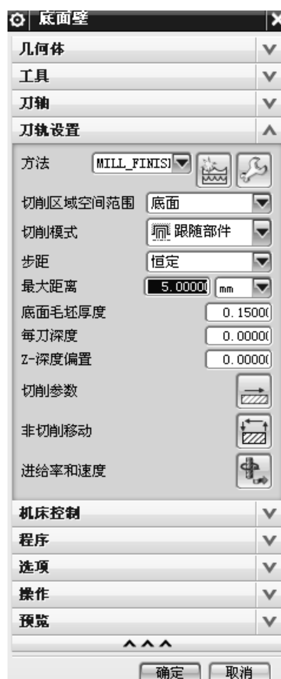


图 8-48 “底面壁”对话框

2．指定切削区域

在“底面壁”对话框中，单击“几何体”选项栏将其展开，单击“指定切削区底面”后的“选择或编辑切削区域几何体”按钮，系统弹出如图 4-49 所示的“切削区域”对话框。选择如图 8-50 所示的实体表面，单击“确定”按钮，系统返回到“切削区域”对话框。单击“切削区域”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“底面壁”对话框。

3．选择刀轴

在“底面壁”对话框中，单击“刀轴”选项栏将其展开，然后在“轴”下拉列表中选择

“+ZM 轴”。



图 8-49 “切削区域”对话框

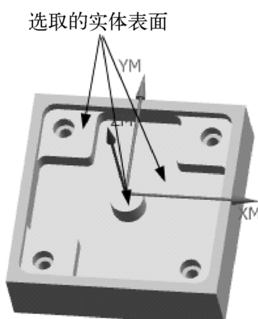


图 8-50 选取的实体表面

4．选择切削方法和切削用量

在“底面壁”操作对话框中，单击“刀轨设置”选项组将其展开。“切削模式”下拉列表中选择 跟随部件，“步距”下拉列表中选择“恒定”，“最大距离”文本框中输入 5，“底面毛坯厚度”文本框中输入 0.15，其他采用默认值，如图 8-48 所示。

5．设置切削参数

在“底面壁”对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 8-51 所示的“切削参数”对话框。单击“策略”选项卡，“切削方向”下拉列表中选择“顺铣”，激活“添加精加工刀路”，“刀路数”文本框中输入 1，“精加工步距”文本框中输入 2，单位选择 mm，勾选“防止底切”复选框，其他参数都采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“底面壁”对话框。

6．设置进给和速度

在“底面壁”对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。在“主轴速度”文本框中输入 3000，“切削”文本框中输入 430，单击“确定”按钮，系统返回到“底面壁”对话框。

7．生成刀具轨迹

修改完刀具工路径后，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 8-52 所示。

8.2.9 创建中心钻

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 8-53 所示的“创建工序”对话框，按图 8-53 设置各选项：

- “类型”下拉列表中选择“drill”；
- “工序子类型”选项选择第 1 行第 2 个图标；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”；



图 8-51 “切削参数”对话框

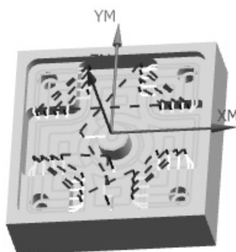


图 8-52 刀具路径

- “刀具”下拉列表中选择“DZ”;
- “方法”下拉列表中选择“DRILL_METHOD”;
- “名称”文本框中输入 DZ。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 8-54 所示的“定心钻”对话框。



图 8-53 “创建工序”对话框



图 8-54 “定心钻”对话框

2．选择孔加工位置

在如图 8-54 所示的“定心钻”对话框中，单击“几何体”选项组下的“指定孔”后的“选择或编辑孔几何体”按钮，系统弹出如图 8-55 所示的“点到点几何体”对话框。单击“选择”按钮，系统弹出如图 8-56 所示的“选择加工位置”对话框，依次选择表面上的 4 个孔，如图 8-57 所示，单击“确定”按钮，系统返回到“点到点几何体”对话框。单击“优化”按钮，系统弹出如图 8-58 所示的“优化”对话框，单击“最短刀轨”按钮，系统弹出如图 8-59 所示的“最短刀轨”对话框。单击“优化”按钮，系统弹出如图 8-60 所示的“最短刀轨优化”对话框。单击“接受”按钮，系统返回到如图 8-55 所示的“点到点几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到如图 8-54 所示的“定心钻”对话框。



图 8-55 “点到点几何体”对话框



图 8-56 “选择加工位置”对话框

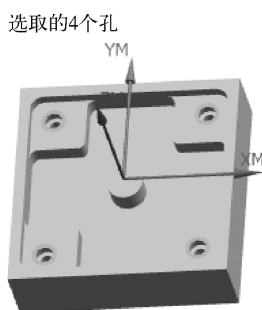


图 8-57 选取孔的位置



图 8-58 “优化”对话框



图 8-59 “最短刀轨”对话框



图 8-60 “最短刀轨优化”对话框

3．选择循环方式

在如图 8-54 所示的“定心钻”对话框中，“循环类型”选项组下的“循环”下拉列表中选择“标准钻”，然后单击“编辑参数”按钮，系统弹出如图 8-61 所示的“指定参数组”对话框。单击“确定”按钮，系统弹出如图 8-62 所示的“Cycle 参数”对话框。单击

“Depth”按钮，系统弹出如图 8-63 所示的“Cycle 深度”对话框。单击“刀尖深度”按钮，系统如图 8-64 所示的“刀尖深度”对话框。在“深度”文本框中输入 2，单击“确定”按钮，系统返回到如图 8-62 所示的“Cycle 参数”对话框。单击“Rtrcto”按钮，系统弹出如图 8-65 所示的“Rtrcto”对话框。单击“自动”按钮，系统返回到如图 8-62 所示的“Cycle 参数”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到如图 8-54 所示的“定心钻”对话框。



图 8-61 “指定参数组”对话框



图 8-62 “Cycle 参数”对话框



图 8-63 “Cycle 深度”对话框



图 8-64 “刀尖深度”对话框

4．设置参数

在如图 8-54 所示的“定心钻”对话框中，“最小安全距离”文本框中输入 2。单击“刀轨设置”选项组下的“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。“主轴速度”文本框中输入 1600，“切削”文本框中输入 180，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“定心钻”对话框。

5．生成刀轨

在如图 8-54 所示的“定心钻”对话框中，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 8-66 所示。



图 8-65 “Rtrcto”对话框

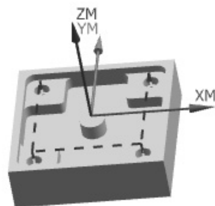


图 8-66 点钻刀具路径

8.2.10 钻孔

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 8-67 所示的“创建工序”对话框，按图 8-67 设置各选项：

- “类型”下拉列表中选择“drill”；
- “工序子类型”选项选择第 1 行第 3 个图标；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”；
- “刀具”下拉列表中选择“ZK”；
- “方法”下拉列表中选择“DRILL_METHOD”；
- “名称”文本框中输入“ZK”。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 8-68 所示的“钻”对话框。



图 8-67 “创建工序”对话框



图 8-68 “钻”对话框

2．选择孔加工位置

选择孔加工位置与上面中心钻选择孔加工位置的方法基本相同，这里不再详述。

3．定义部件底面

在如图 8-68 所示的“钻”对话框中，单击“几何体”选项中下的“指定底面”后的“选择或编辑底面几何体”按钮，系统弹出如图 8-69 所示的“底面”对话框。“底面选项”下拉列表中选择“面”，选取如图 8-70 所示的底面，单击“确定”按钮，系统返回到“钻”对话框。



图 8-69 “底面”对话框

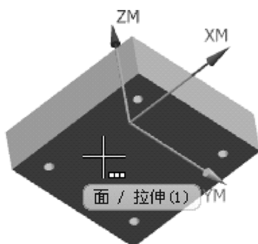


图 8-70 选取的实体底面

4. 选择循环方式

在如图 8-68 所示的“钻”对话框中，“循环类型”选项组下的“循环”下拉列表中选择“断屑”，系统弹出如图 8-71 所示的“断屑”对话框。在“距离”文本框中输入 4，单击“确定”按钮，系统弹出如图 8-72 所示的“指定参数组”对话框。单击“确定”按钮，系统弹出如图 8-73 所示的“Cycle 参数”对话框。单击“进给率”按钮，系统弹出如图 8-74 所示的“Cycle 进给率”对话框。在文本框中输入 160，单击“确定”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“Dwell”按钮，系统弹出如图 8-75 所示的“Cycle Dwell”对话框。单击“秒”按钮，系统弹出如图 8-76 所示的“秒”对话框。在“秒”文本框中输入 2，单击“确定”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“钻”对话框。



图 8-71 “断屑”对话框



图 8-72 “指定参数组”对话框



图 8-73 “Cycle 参数”对话框



图 8-74 “Cycle 进给率”对话框



图 8-75 “Cycle Dwell”对话框



图 8-76 “秒”对话框

5．设置参数

设置最小距离、避让、机床控制、主轴转速等，全部采用默认值，不再详述。

6．生成刀轨

在如图 8-68 所示的“钻”对话框中，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 8-77 所示。

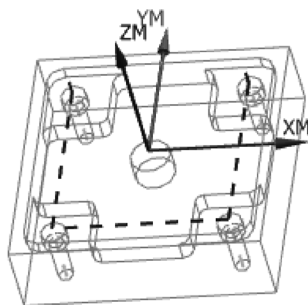


图 8-77　钻孔刀具路径

8.2.11 铰孔

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 8-78 所示的“创建工序”对话框，按图 8-78 设置各选项：

- “类型”的下拉列表中选择“drill”;
- “工序子类型”选项选择第 1 行第 3 个图标;
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”;
- “几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”;
- “刀具”下拉列表中选择“JD”;
- “方法”下拉列表中选择“DRILL_METHOD”;
- “名称”文本框中输入 JK。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出“钻”对话框。

2．选择孔加工位置

选择孔加工位置与上面中心钻选择孔加工位置的方法基本相同，这里不再详述。

3．定义部件底面

定义部件底面与上面钻孔定义部件底面的方法基本相同，这里不再详述。

4．选择循环方式

在“钻”对话框中，“循环类型”选项组下的“循环”下拉列表中选择“标准钻”，然后单击“编辑参数”按钮，系统弹出“指定参数组”对话框。单击“确定”按钮，系统弹出“Cycle 参数”对话框。单击“Rtrcto”按钮，系统弹出“Rtrcto”对话框。单击“自动”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“进给率”按钮，系统弹出“Cycle 进给率”对话框。在文本框中输入 80，单击“确定”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“钻”对话框。

5．设置参数

设置最小距离、避让、机床控制、主轴转速等，全部采用默认值，不再详述。

6．生成刀轨

在“钻”对话框中，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 8-79 所示。



图 8-78 “创建工序”对话框

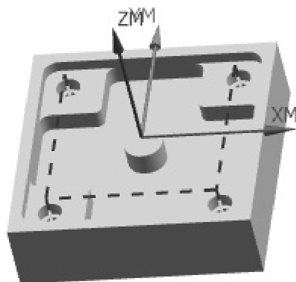


图 8-79 铰孔刀具路径

8.2.12 锪孔

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出“创建工序”对话框，按以下设置各选项：

- “类型”下拉列表中选择“drill”；
- “工序子类型”选项选择第 2 行第 2 个图标；
- “程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；
- “几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”；
- “刀具”下拉列表中选择“D10”；
- “方法”下拉列表中选择“DRILL_METHOD”；
- “名称”文本框中输入 HK。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 8-80 所示的“沉头孔加工”对话框。

2．选择孔加工位置

选择孔加工位置与上面中心钻选择孔加工位置的方法基本相同，这里不再详述。

3．选择循环方式

在如图 8-80 所示的“沉头孔加工”对话框中，“循环类型”选项组下的“循环”下拉列表中选择“标准钻”，然后单击“编辑参数”按钮，系统弹出“指定参数组”对话框。单击“确定”按钮，系统弹出“Cycle 参数”对话框。单击“Depth”按钮，系统弹出“Cycle

深度”对话框。单击“刀尖深度”按钮，系统弹出“刀尖深度”对话框。在“深度”文本框中输入 5，单击“确定”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“Dwell”按钮，系统弹出“Cycle Dwell”对话框。单击“秒”按钮，系统弹出“秒”对话框。在“秒”文本框中输入 3，单击“确定”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“Rtrcto”按钮，系统弹出如图 8-65 所示的“Rtrcto”对话框。单击“自动”按钮，系统返回到“Cycle 参数”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到如图 8-80 所示的“沉头孔加工”对话框。

4．设置参数

设置最小距离、避让、机床控制、主轴转速等，主轴转速为 1200 转/min，进给速度为 150mm/min，其他参数采用默认值，不再详述。

5．生成刀轨

在“沉头孔加工”对话框中，单击“操作”选项组下的“生成”按钮，开始生成刀具轨迹。计算完成后，产生的刀具路径如图 8-81 所示。



图 8-80 “沉头孔加工”对话框

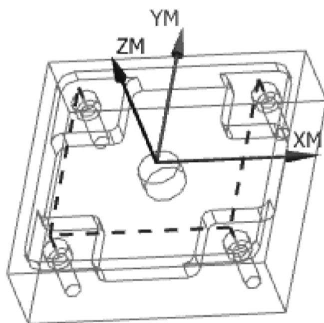


图 8-81 锪孔刀具路径



第 9 章　砂芯模具型腔加工

9.1　实例分析和加工方案

9.1.1　实例整体分析

砂芯模具型腔如图 9-1 所示。该模具用来做砂芯，砂芯的精度和表面质量决定了铸造件的精度和表面质量。该铸造件的精度要求不是很高，所以模具表面精度要求不高，零件材料为 HT250。

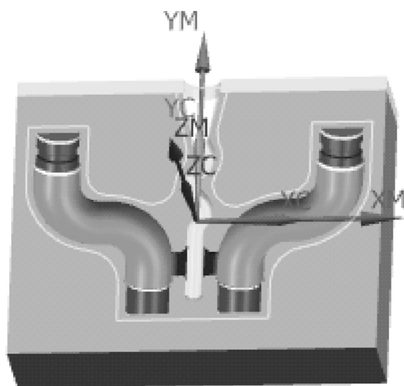


图 9-1　砂芯模具型腔模型

9.1.2　加工工艺分析

HT250 材料的加工工艺性较好，可选用白钢刀或者硬质合金刀，建议选用硬质合金刀。加工时进给速度可以大些。

模具外形的加工表面有平面也有曲面，先用型腔铣进行粗加工，再用型腔铣进行半精加工，最后精加工各个曲面。曲面是由多个曲面组成的，需要应用 3 轴铣中的型腔铣和固定轴曲面轮廓铣加工技术，其中固定轴曲面轮廓铣加工技术主要用于精加工。

毛坯应该在数控机床上加工前做好，比如 4 个侧面需要加工，上下表面需要加工，毛坯尺寸 500 mm×400 mm×120 mm，加工原点设置在毛坯的上平面的左下顶点上。

9.1.3　生成刀轨的编程步骤

生成刀轨的编程步骤如图 9-2 所示。

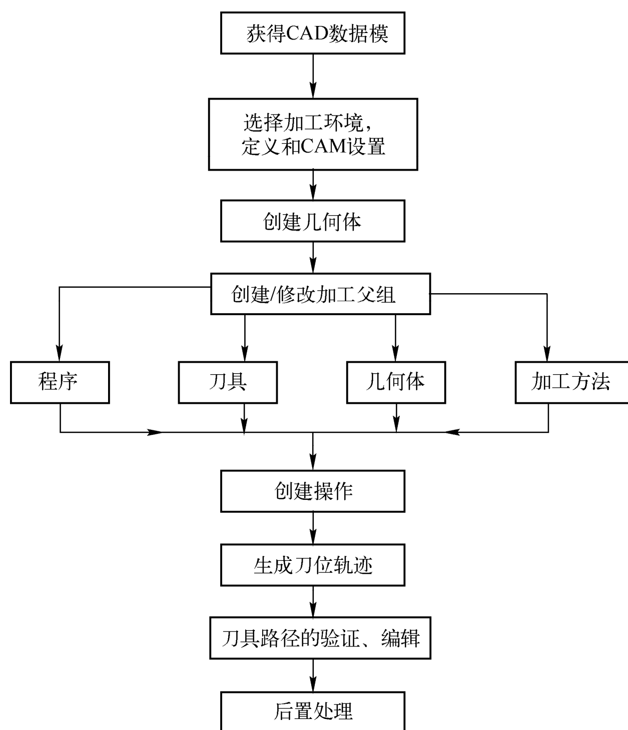


图 9-2　UG NX 8.5 生成刀具轨迹的流程图

9.1.4 加工方案

加工方案如下。

1）粗加工：Φ16 的立铣刀，型腔铣，分层铣削，每层铣削 0.4 mm，加工余量为 0.15 mm。

2）二次粗加工：Φ8 的立铣刀，型腔铣，分层铣削，每层铣削 0.3 mm，加工余量为 0.15 mm。

3）半精加工：R5 的球头铣刀，沿轮廓型腔铣，加工余量为 0.05 mm。

4）曲面精加工：R3 的球头铣刀，固定轴曲面轮廓铣，加工余量为 0 mm。

具体的加工工艺方案如表 9-1 所示。

表 9-1　加工工艺方案表

序　号	方　　法	程　序　名	刀 具 名 称	刀具直径	圆底角半径	余量（单位 mm）
1	粗加工	CAV_ROU1	D16	16	0	0.15
2	二次粗加工	CAV_ROU2	D8	8	0.5	0.15
3	半精加工	CAV_SEMI	R5	10	5	0.05
4	曲面精加工	FIXED_FIN	R3	6	3	0

9.2 具体的加工步骤

9.2.1 打开文件并进入加工环境

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开部件文件”对话框，选择本书光盘中的“X:/9/9-1.prt”文件，单击“OK”按钮。

进入加工环境，选择菜单“开始”→“加工”命令，系统弹出“加工环境”对话框，“CAM 会话配置”选择“cam_general”，“要创建的 CAM 设置”选择 mill_contour 模板，单击“确定”按钮，即可进入加工环境。

9.2.2 创建刀具

单击“导航器”工具条中的“机床视图”按钮，操作导航器中显示为机床顺序视图。

单击“刀片”工具条中的“创建刀具”按钮，系统弹出如图 9-3 所示的“创建刀具”对话框。“刀具子类型”选择图标，在“名称”文本框中输入 D16，单击“应用”按钮，弹出“铣刀-5 参数”对话框。设置刀具的参数：



图 9-3 “创建刀具”对话框

- 设定“直径”为 16；
- “底圆角半径”为 0；
- “刀具号”为 1；
- “补偿寄存器”为 1；
- 其他选项依照默认值设定。

刀具参数设置完后，单击“确定”按钮，则 D16 立铣刀就创建好了。

用同样的方法创建铣刀 Φ10、R5 和 R3。立铣刀 Φ10 的参数分别为 10、0、2、2；铣刀 R5 的参数分别为 10、5、3、3；铣刀 R3 的参数分别为 6、3、4、4。

9.2.3 创建加工坐标系

单击“导航器”工具条中的“几何视图”按钮，操作导航器中显示为几何视图。

单击“刀片”工具条中的“创建几何体”按钮，系统弹出如图 9-4 所示的“创建几何体”对话框，按图 9-4 设置各选项：

- “类型”下拉列表中选择“mill_contour”；
- “几何体子类型”选择；
- “几何体”下拉列表中选择“GEOMETRY”；
- “名称”文本框中输入“MCS2”。

单击“应用”按钮，系统弹出如图 9-5 所示的“MCS”对话框。单击“指定 MCS”后的“CSYS 对话框”按钮，系统弹出如图 9-6 所示的“CSYS”对话框。选择如图 9-7 所示的顶点，单击“确定”按钮，系统返回到“MCS”对话框。创建的加工坐标系如图 9-8 所示。



图 9-4 “创建几何体”对话框



图 9-5 “MCS”对话框



图 9-6 “CSYS”对话框

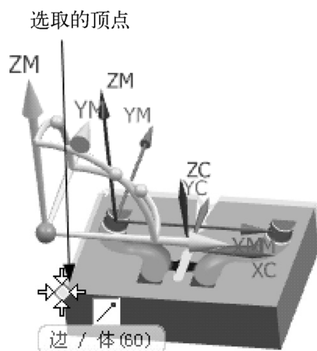


图 9-7 选取的顶点

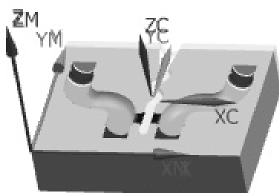


图 9-8 创建的加工坐标系

在“MCS”对话框中的“安全设置选项”下拉列表中选择“平面”，单击“指定平面”后的“平面对话框”按钮，系统弹出如图 9-9 所示的“平面”对话框。“类型”下拉列表

中选择“XC-YC 平面，然后在“距离”文本框中输入 3，单击“确定”按钮，生成的安全平面如图 9-10 所示，系统返回到“MCS”对话框，再单击“确定”按钮。



图 9-9 “平面”对话框

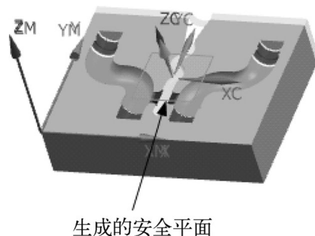


图 9-10 生成的安全平面

9.2.4 设置加工方法

设置加工方法主要是修改粗加工的加工余量。单击“导航器”工具条中的“加工方法视图”按钮，操作导航器中显示为加工方法视图。

双击“操作导航器”栏中的 MILL_ROUGH 图标 MILL_ROUGH，或者右击 MILL_ROUGH 图标，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，如图 9-11 所示，系统弹出如图 9-12 所示的“铣削粗加工”对话框。在“部件余量”文本框中输入 0.15，表示粗加工加工余量为 0.15 mm，单击“确定”按钮。

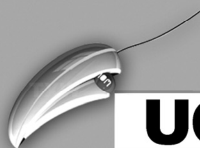


图 9-11 编辑粗加工加工方法



图 9-12 “铣削粗加工”对话框

双击“操作导航器”栏中的 MILL_SEMI_FINISH 图标 MILL_SEMI_FINISH，系统弹出如图 9-13 所示的“铣削半精加工”对话框。在“部件余量”文本框中输入 0.05，表示半精加工加工余量为 0.05 mm，其他的数值不变，单击“确定”按钮。



9.2.5 创建粗加工操作



图 9-13 “铣削半精加工”对话框

单击“导航器”工具条中的“程序顺序视图”按钮，“操作导航器”切换到程序顺序视窗。

1．创建工序

单击工具条“刀片”中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 9-14 所示“创建工序”对话框，按图 9-14 设置各选项：

1）“类型”下拉列表中选择“mill_contour”；

2）“工序子类型”选项选择第 1 行第 1 个图标；

3）“程序”下拉列表中选择“PROGRAM”；

4）“几何体”下拉列表中选择“MCS2”；

5）“刀具”下拉列表中选择“D16”；

6）“方法”下拉列表中选择“MILL_ROUGH”；

7）“名称”文本框中输入 CAV_ROU 1。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 9-15 所示“型腔铣”对话框。



图 9-14 “创建工序”对话框



图 9-15 “型腔铣”对话框

2．选择部件几何体

在如图 9-15 所示的“型腔铣”对话框中，单击“指定部件”后的“选择或编辑部件几何体”按钮，系统弹出如图 9-16 所示的“部件几何体”对话框。通过鼠标框选所有模型，再单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

3．选择毛坯几何体

在如图 9-15 所示的“型腔铣”对话框中，单击“指定毛坯”后的“选择或编辑毛坯几何体”按钮，系统弹出如图 9-17 所示的“毛坯几何体”对话框。通过层管理功能设置第

50 层为可选层，然后选择如图 9-18 所示的片体，再单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。



图 9-16 “部件几何体”对话框



图 9-17 “毛坯几何体”对话框

4．选择切削方式和设置切削用量

在“型腔铣”对话框中，如图 9-19 所示进行用户参数设置。

1）在“型腔铣”对话框中，“切削模式”下拉列表中选择 跟随部件；

2）“步距”下拉列表中选择“恒定”；

3）“距离”文本框中输入 13，单位选择“mm”；

4）“每刀的公共深度”下拉列表中选择“恒定”；

5）“最大距离”文本框中输入 1。

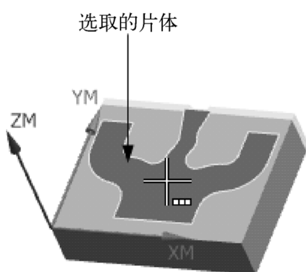


图 9-18 选取的片体



图 9-19 “型腔铣”对话框

5．设置切削参数

在“型腔铣”对话框中，单击“刀轨设置”选项组下的切削参数后的“切削参数”按钮 ，系统弹出如图 9-20 所示的“切削参数”对话框，在该对话框中设置切削参数。

（1）设置策略

单击“策略”选项卡，按如图 9-20 所示设置各项参数：

- “切削方向”下拉列表中选择“顺铣”；
- “切削顺序”下拉列表中选择“层优先”；
- 勾选“添加精加工刀路”复选框；
- “刀路数”文本框中输入 1；

● “精加工步距”文本框中输入 5，单位为“mm”；
● 其他参数采用默认值。

（2）设置其他参数

单击“更多”选项卡，按如图 9-21 所示设置各项参数：



图 9-20 “切削参数”对话框 1



图 9-21 “切削参数”对话框 2

● 激活“边界逼近”；
● 激活“容错加工”；
● 其他选项采用默认值。

当“切削参数”设置完毕后，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

6．设置非切削移动

在“型腔铣”对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 9-22 所示的“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削运动参数。

（1）设置进刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，如图 9-22 所示。对话框上部为“封闭区域”进刀方式，下部为“开放区域”进刀方式，按图 9-22 所示设定各参数。

● “进刀类型”下拉列表中选择“螺旋”；
● “斜坡角”文本框中输入 3；
● “最小斜面长度”文本框中输入 0，单位选择“%刀具”；
● “开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“圆弧”；
● “半径”文本框中输入 10；
● “圆弧角度“文本框中输入 90；
● 其他参数采用默认值。

（2）设置起点/钻点

单击“起点/钻点”选项卡，如图 9-23 所示，在“重叠距离”文本框中输入 5，单位选择“mm”。

其他选项卡中的选项和参数都采用默认值，单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。



图 9-22 “非切削移动”对话框 1



图 9-23 “非切削移动”对话框 2

7．设置进给参数

单击“型腔铣”对话框中的“刀轨设置”选项栏下的“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出如图 9-24 所示的“进给率和速度”对话框。

在“主轴速度”文本框中输入 1600，单击“主轴速度”选项组下的“更多”选项栏，将“主轴速度”选项组下的“更多”选项组展开，“输出模式”下拉列表中选择“RPM”，“方向”下拉列表中选择“顺时针”。

“切削”文本框中输入 420，单位选择 mmpm。单击“进给率”选项组下的“更多”选项栏，将“更多”选项组展开，分别在“进刀”文本框中输入 300，单位选择 mmpm，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

8．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 9-25 所示。



图 9-24 “进给率和速度”对话框

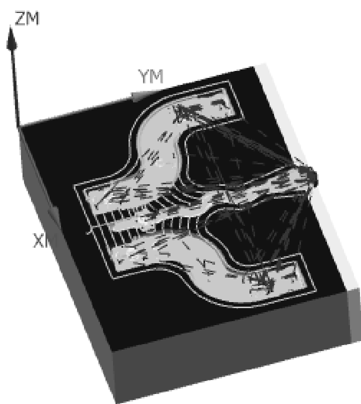


图 9-25 粗加工刀具路径

9.2.6 二次粗加工 CAV_ROU2

1．复制、粘贴 CAV_ROU1 操作

（1）复制 CAV_ROU1 操作

单击“导航器”工具条中的“机床视图”按钮，操作导航器中显示为机床顺序视图。

在操作导航工具的机床顺序视图中，先用鼠标选择粗加工工序 CAV_ROU1，再单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，复制操作 CAV_ROU1。

（2）粘贴 CAV_ROU 操作

在操作导航工具的机床顺序视图中，先用鼠标选择刀具“D8”，再单击右键，在弹出的菜单中选择“内部粘贴”命令，粘贴刚才复制操作的 CAV_ROU1。

2．更改粘贴的工序名称

在操作导航工具的程序顺序视图中，先用鼠标选择粘贴操作的 CAV_ ROU1_COPY，再单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，输入文字 CAV_ ROU2，即操作名称改为 CAV_ROU2。

3．编辑 CAV_ROU 2 操作

单击“导航器”工具条中的“程序顺序视图”按钮，“操作导航器”切换到程序顺序视窗。双击 CAV_ROU 2 操作，弹出“型腔铣”对话框。

（1）设置切削深度

在“型腔铣”对话框中，“步距”下的“最大距离”文本框中输入 5，“每刀的公共深度”下的“最大距离”文本框中输入 0.6，如图 9–26 所示。

（2）设置切削参数

在“型腔铣”对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 9–27 所示的“切削参数”对话框。单击“空间范围”选项卡，“参考刀具”下拉列表中选择“D16”，单击“确定”按钮，返回到“型腔铣”对话框。



图 9–26 “型腔铣”对话框



图 9–27 “切削参数”对话框

（3）设置非切削运动

在“型腔铣”对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如

图 9-28 所示的“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削运动参数。

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，如图 9-28 所示。按图 9-28 所示设定各参数：

- “进刀类型”下拉列表框中选择“沿形状斜进刀”；
- 其他参数采用默认值。

单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

（4）设置进给和速度

在“型腔铣”对话框中，单击“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在“主轴速度”文本框中输入 2800 “切削”文本框中输入 800，单位选择“mmpm”，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

4．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 9-29 所示。



图 9-28 “非切削移动”对话框

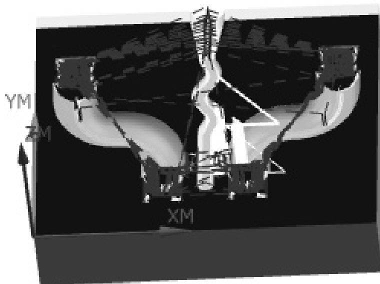


图 9-29 二次粗加工刀具路径

9.2.7 半精加工 CAV_SEMI1

1．复制、粘贴 CAV_ROU1 操作

（1）复制 CAV_ROU1 操作

单击“导航器”工具条中的“机床视图”按钮，操作导航器中显示为机床顺序视图。

在操作导航工具的机床顺序视图中，先用鼠标选择粗加工操作操作 CAV_ROU，再单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，复制操作 CAV_ROU。

（2）粘贴 CAV_ROU 操作

在操作导航工具的机床顺序视图中，先用鼠标选择刀具“R5”，再单击右键，在弹出的菜单中选择“内部粘贴”命令，粘贴刚才复制操作的 CAV_ROU。

2．更换粘贴 CAV_ROU 操作的名称

在操作导航工具的程序顺序视图中，先用鼠标选择粘贴的操作 CAV_ROU_COPY，再单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，输入文字 CAV_SEMI，即操作名称改为 CAV_SEMI。

3．编辑 CAV_SEMI1 操作

单击“导航器”工具条中的按钮，“操作导航器”切换到程序顺序视窗。双击 CAV_SEMI1 操作，或者选择 CAV_SEMI1 操作，单击右键，再选择“编辑”命令，系统弹出“型腔铣”对话框。

（1）重新选择加工方法

在“型腔铣”工序对话框中，单击“刀轨设置”选项卡将其展开，“方法”下拉列表中选择“MILL_SEMI_FINISH”，如图 9-30 所示。

（2）设定切削方式和切削用量

在“型腔铣”对话框中，设置切削方式和切削用量，如图 9-31 所示。



图 9-30　重新选择加工方法



图 9-31　“型腔铣”对话框

- “切削模式”下拉列表中选择“轮廓加工”；
- “步距”下拉列表中选择“残余高度”；
- “最大残余高度”文本框中输入 0.05；
- “每刀的公共深度”下拉列表中选择“恒定”；
- “最大距离”文本框中输入 0.5。

（3）设置非切削运动

在“型腔铣”对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 9-32 所示的“非切削移动”对话框。在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按图 9-32 所示设定各参数。

- “封闭区域”中的“进刀类型”下拉列表中选择“与开放区域相同”；
- 其他参数采用默认值。

其他选项卡中的选项和参数都采用默认值，单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

（4）设置进给参数

单击“型腔铣”对话框中的“刀轨设置”选项栏下的“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在“主轴速度”文本框中输入 3200，“切削”文本框中输入 800，单位选择“mmpm”。单击“确定”按钮，系统返回到“型腔

铣”对话框。

4．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 9-33 所示。



图 9-32 “非切削移动”对话框



图 9-33 半精加工刀具路径

9.2.8 曲面精加工

1．创建固定轴曲面轮廓铣

单击工具条“刀片”中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 9-34 所示的“创建工序”对话框，按图 9-34 设置各选项：

1）“类型”的下拉列表中选择“mill_contour”;

2）“工序子类型”选项选择第 2 行第 1 个图标即固定轴曲面轮廓铣；

3）“程序”下拉列表中选择“PROGRAM”;

4）“几何体”下拉列表中选择“MCS2”;

5）“刀具”下拉列表中选择“R3”;

6）“方法”下拉列表中选择“MILL _FINISH”;

7）“名称”文本框中输入“FIXED_FIN”。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 9-35 所示的“固定轮廓铣”对话框。

2．选择部件几何体

在如图 9-35 所示“固定轮廓铣”对话框中，单击“指定部件”后的“选择或编辑部件几何体”按钮，系统弹出“部件几何体”对话框。通过鼠标框选所有模型，再单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

3．确定驱动方式

在“固定轮廓铣”对话框中，“驱动方式”选项组下的“方法”下拉列表中选择“边界”，然后单击“编辑”按钮，系统弹出如图 9-36 所示的“边界驱动方式”对话框。单击“指定驱动几何体”后的“选择或编辑驱动几何体”按钮，系统弹出如图 9-37 所示的“边界几何体”对话框。“模式”下拉列表中选择“边界”，系统弹出如图 9-38 所示的“创建边界”对话框。“刀具位置”下拉列表中选择“相切”；通过层管理设置第 20 层为可选层，

然后选择如图 9-39 所示的曲线；再设置第 20 层为不可见层，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“边界驱动方式”对话框。最后设置各项参数，按图 9-36 设置各选项：



图 9-34 “创建工序”对话框



图 9-35 “固定轮廓铣”对话框



图 9-36 “边界驱动方式”对话框



图 9-37 “边界几何体”对话框

- “空间范围”选项组下的“部件空间范围”下拉列表中选择“最大的环”；
- “切削模式”下拉列表中选择“轮廓加工”；



图 9-38 “创建边界”对话框

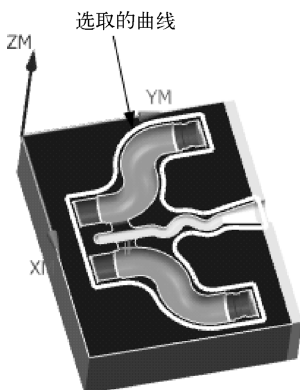


图 9-39 选取的曲线

- “切削方向”下拉列表中选择“顺铣”;
- “步距”下拉列表中选择“恒定”;
- “最大距离”文本框中输入 0.3;
- “附加刀路”文本框中输入 500;
- 其他选项采用默认值。

单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

4．设置切削参数

在“固定轮廓铣”对话框中，单击“切削参数”后的“切削参数”按钮，系统弹出如图 9-40 所示的“切削参数”对话框。

单击“策略”选项卡，按如图 9-40 所示设置各项参数：选中“在边缘滚动刀具”复选框，其他参数按默认值设置。

单击“安全设置”选项卡，按如图 9-41 所示设置各项参数：“过切时”下拉列表中选择“警告”，其他参数按默认值设置。

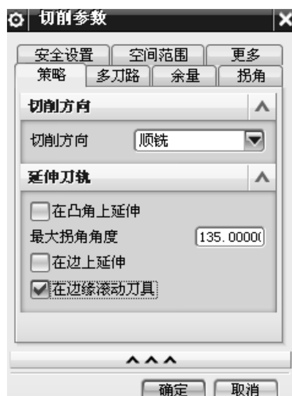


图 9-40 “切削参数”对话框 1



图 9-41 “切削参数”对话框 2

单击“更多”选项卡，按如图 9-42 所示设置各项参数：“最大步长”文本框中输入 100，其他参数按默认值设置。单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

5. 设置非切削移动

在“固定轮廓铣”对话框中，单击“非切削移动”后的“非切削移动”按钮，系统弹出如图 9-43 所示的“非切削移动”对话框。



图 9-42 “切削参数”对话框 3



图 9-43 “非切削移动”对话框 1

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按图 9-43 所示设定各参数。“开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“插削”，“进刀位置”下拉列表中选择“平面”，然后单击“指定平面”后的“平面对话框”按钮，系统弹出如图 9-44 所示的“平面”对话框。选择如图 9-45 所示的零件模型上表面，然后在“距离”文本框中输入 5，单击“确定”按钮，系统返回到“非切削移动”对话框。在“高度”文本框中输入 0，“根据部件/检查”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“与开放区域相同”。



图 9-44 “平面”对话框

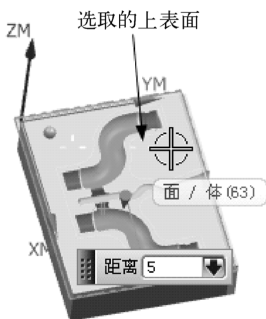


图 9-45 选取的上表面

单击“退刀”选项卡，按图 9-46 所示设定各参数。“开放区域”选项组下的“退刀类型”下拉列表中选择“与进刀相同”，“根据部件/检查”选项组下的“退刀类型”下拉列表中选择“与开放区域退刀相同”，“最终”选项组下的“退刀类型”下拉列表中选择“与开放

区域退刀相同”。

单击“转移/快速”选项卡，按图 9-47 所示设定各参数。单击“区域之间”选项栏将其展开，“逼近方法”下拉列表中选择“安全距离-刀轴”，“安全设置选项”下拉列表中选择“自动平面”，“安全距离”文本框中输入 3；“离开”的设置与“逼近”的设置相同；“移刀类型”下拉列表中选择“直接”。“区域内”选项组下的设置与“区域之间”选项组下的设置完全相同。“初始和最终”选项组下的“逼近方法”和“离开方法”下拉列表中选择“与区域之间相同”，如图 9-48 所示。



图 9-46 “非切削移动”对话框 2



图 9-47 “非切削移动”对话框 3

其他选项卡中的参数全部采用默认值。当所有非切削运动参数设置完后，单击“非切削运动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

6．设置进给参数

单击“固定轮廓铣”对话框中的“刀轨设置”选项组下的“进给率和速度”后的“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。

在“主轴速度”文本框中输入 3300，“切削”文本框中输入 700，单位选择“mmpm”。其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

7．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 9-49 所示。



图 9-48 “非切削移动”对话框 4

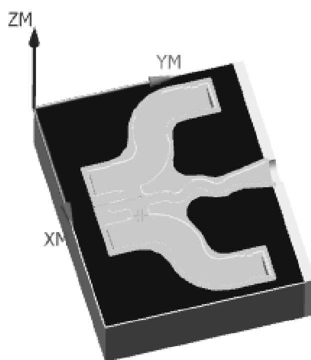


图 9-49　精加工刀具路径



第 10 章　电极的数控加工实例

本章以图 10-1 所示的电极模型为例讲解电极的数控加工过程。

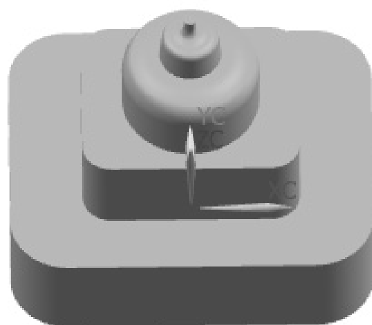


图 10-1　电极模型

10.1　实例分析和确定加工方案

10.1.1　加工工艺分析

随着生活水平的不断提高，人们对产品的要求也越来越高，不仅要功能齐备，还要求产品的外形美观，这就给模具的设计生产提出了更高的要求。模具型芯的加工是模具的关键，随着产品形状复杂程度的不断提高，一个产品的模具型芯的加工往往需要集结各种各样现代化的机械制造手段。模具的生产一般是根据产品的结构来确定模具的结构，进而确定模具型芯的结构，最后才能确定模具型芯的加工工艺。

很多模具都是直接用加工中心加工出来的，有些模具在加工中心上无法加工出来，模具经加工中心进行粗加工后，再用铜电极放电加工出来。

电极的材料一般是紫铜，紫铜毛坯的大小是 54 mm×44 mm×45 mm，机床编程的原点（绘图的坐标原点）和图形的中心重合。对刀时，X、Y 方向进行分中，Z 方向以顶面到原点的距离来确定 Z 的位置补偿，而毛坯的中心与图形的中心重合。

毛坯一般是一块方料，所以有些地方的加工余量较大。首先进行粗加工，粗加工采用型腔铣，精加工要分好几步加工。

加工坐标原点如下。

- X：模具毛坯的中心；
- Y：模具毛坯的中心；
- Z：模具毛坯的上表面，及模型的最高点。

10.1.2 技术难点分析

实际的火花加工要求电极比工件小一个放电间隙，所以在半精加工和精加工时加工余量与一般的模具加工有所不同，加工余量一般设置为负值。

该模型虽然简单，但是加工过程较为复杂，上表面、上侧面、下侧面和底面都要分开单独加工。

10.1.3 生成刀轨的编程步骤

使用 UG NX 8.5 生成数控加工程序的基本步骤如图 10-2 所示，本书只从获得 CAD 数据后讲解。

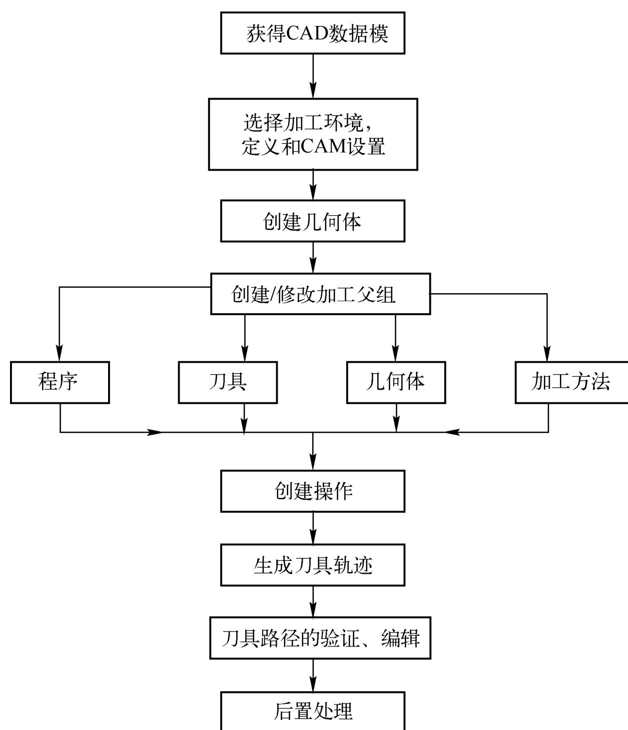


图 10-2　UG NX 8.5 生成刀具轨迹的流程图

10.1.4 加工方案

加工方案如下。

1）粗加工：Φ10 的立铣刀，采用型腔铣。

2）下层侧面半精加工：Φ10 的立铣刀，采用平面铣。

3）下层侧面精加工：Φ10 的立铣刀，采用表面铣。

4）下层底面精加工：Φ10 的立铣刀，采用平面铣。

5）中间侧壁精加工：Φ10 的立铣刀，采用平面铣。

6）中间底面精加工：Φ10 的立铣刀，采用平面铣。

7）顶面精加工：Φ10 的立铣刀，采用平面铣。

8）顶部曲面半精加工：Φ4 的球头铣刀，采用深度加工轮廓。

9）顶部曲面精加工：Φ4 的球头铣刀，采用固定轮廓铣铣。

具体的加工工艺方案如表 10-1 所示。

表 10-1 加工工艺方案表

序 号	方 法	程 序 名	刀 具 名 称	刀 具 直 径	R 角	部件余量/mm
1	粗加工	CAV_ROU	D10	10	0	0.2
2	下层侧面半精加工	XCM_SIM_FIN	D10	10	0	0.1
3	下层侧面精加工	XCM_FIN	D10	10	0	0
4	下层底面精加工	XDM_FIN	D10	10	0	0
5	中间侧壁精加工	ZCB_FIN	D10	10	0	−0.08
6	中间底面精加工	ZJCM_FIN	D10	10	0	−0.08
7	顶面精加工	DM_FIN	D10	10	0	−0.08
8	顶部曲面半精加工	CAV_SIMI_FIN	R2	4	2	0
9	顶部曲面精加工	FIXED_FIN	R2	4	2	−0.08

10.2 具体的加工步骤

10.2.1 打开文件并进入加工模块

1．打开文件

启动 UG NX 8.5，单击“标准”工具条中的“打开”按钮，系统弹出“打开部件文件”对话框，选择本书光盘中的“X:/10/10-1.prt”文件，单击“OK”按钮。

2．进入加工模块

进入加工环境，选择菜单命令“开始”→“加工”，系统弹出“加工环境”对话框，在“CAM 会话配置”中选择“cam_general”，在“要创建的 CAM 设置”中选择 mill_contour 模板，单击“确定”按钮，即可进入加工环境。

10.2.2 创建程序组

1．创建程序组 CK-A1

1）选择“导航器”工具条的“程序顺序视图”按钮，“操作导航器”切换到程序顺序视图。

2）单击“刀片”工具条中的“创建程序”按钮，系统弹出如图 10-3 所示的“创建程序”对话框。在“类型”下拉列表中选择“mill_contour”，在“程序”下拉列表中选择“PROGRAM”，在“名称”文本框中输入“CK_A1”。单击“应用”按钮，系统弹出如图 10-4 所示的“程序”对话框，单击“确定”按钮即可创建程序组 CK_A1。

2．创建程序组 CK_A2

创建程序组 CK_A2 与创建程序组 CK_A1 的方法基本相同，不同的是程序组的名称，

在如图 10-3 所示的“创建程序”对话框中的“名称”文本框中输入“CK_A2”。



图 10-3 “创建程序”对话框



图 10-4 “程序”对话框

3．创建程序组 CK_A3

创建程序组 CK_A3 与创建程序组 CK_A1 的方法基本相同，不同的是程序组的名称，在如图 10-3 所示的“创建程序”对话框中的“名称”文本框中输入“CK_A3”。

4．创建程序组 CK_A4

创建程序组 CK_A4 与创建程序组 CK_A1 的方法基本相同，不同的是程序组的名称，在如图 10-3 所示的“创建程序”对话框中的“名称”文本框中输入“CK_A4”。

10.2.3 创建刀具

1）单击“导航器”工具条的“机床视图”按钮，“操作导航器”切换到机床视图。

2）单击“加工创建”工具条中的“创建刀具”按钮，系统弹出如图 10-5 所示的“创建刀具”对话框。“刀具子类型”选择图标，在“类型”下拉列表中选择“mill_contour”，在“刀具”下拉列表中选择“GENERIC_MACHINE”，在“名称”文本框中输入“D10”，单击“应用”按钮，弹出如图 10-6 所示的“铣刀-5 参数”对话框。



图 10-5 “创建刀具”对话框



图 10-6 “铣刀-5 参数”对话框

3）设置刀具的参数，按图 10-6 所示设置。

● “直径”为 10。
● “下半径”为 0。
● 其他选项采用默认值。

刀具参数设置完后，单击“确定”按钮，则 D10 立铣刀就创建好了。

4）用同样的方法创建 D4R2，刀具的参数：“直径”为 4，“下半径”为 2。

10.2.4 确定加工坐标系和几何体

选择“导航器”工具条的“几何视图”按钮，“操作导航器”切换到加工几何视图。

1．确定加工坐标系

双击右侧操作导航器中的 MCS_MILL，或者在右侧操作导航器中选择 MCS_MILL，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，如图 10-7 所示。系统弹出如图 10-8 所示的“MCS 铣削”对话框。单击“指定 MCS”后的“CSYS 对话框”按钮，系统弹出如图 10-9 所示的“CSYS”对话框。选取如图 10-10 所示的上表面的圆心，单击“确定”按钮，系统返回到“MCS 铣削”对话框。



图 10-7　编辑“坐标系”



图 10-8　“MCS 铣削”对话框



图 10-9　“CSYS”对话框

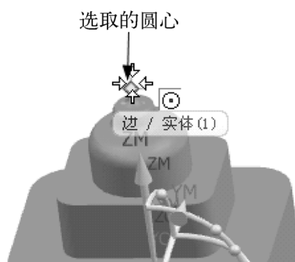


图 10-10　选取上表面的圆心

2．设置安全平面

在“MCS 铣削”对话框中的“安全设置选项”下拉列表中选择“平面”，单击“指定平面”后的“平面对话框”按钮，系统弹出如图 10-11 所示的“平面”对话框。在“类型”下拉列表中选择“XC-YC 平面”，在“偏置和参考”选项组下的“距离”文本框中输入 48，单击“确定”按钮，产生安全平面如图 10-12 所示，系统返回到“MCS 铣削”对话框，再单击“确定”按钮。



图 10-11 “平面”对话框

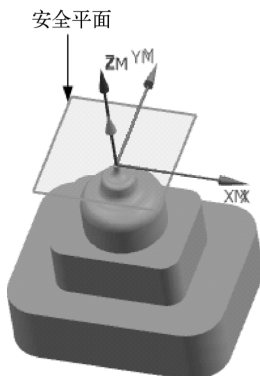


图 10-12 创建的安全平面

3．创建铣削几何体

单击“操作导航器”中的 MCS_MILL 前的⊞图标，将 MCS_MILL 展开，如图 10-13 所示，然后双击“WORKPIECE”，系统弹出如图 10-14 所示的“工件”对话框。单击“指定部件”后的“选择或编辑部件几何体”按钮，系统弹出如图 10-15 所示的“部件几何体”对话框。选择整个模型，单击“确定”按钮，系统返回到“工件”对话框。单击“指定毛坯”后的“选择或编辑毛坯几何体”按钮，系统弹出如图 10-16 所示的“毛坯几何体”对话框。在“类型”下拉列表中选择“包容块”，然后在“XM-”文本框中输入 2，在“XM+”文本框中输入 2，在“YM-”文本框中输入 2，在“YM+”文本框中输入 2，在“ZM+”文本框中输入 0.6，单击“确定”按钮，系统返回到“工件”对话框，则铣削几何体已经创建。



图 10-13 “MCS_MILL”选项



图 10-14 “工件”对话框



图 10-15 “部件几何体”对话框



图 10-16 “毛坯几何体”对话框

10.2.5 粗加工

单击“导航器”工具条中的“程序顺序视图”按钮，“操作导航器”切换到程序顺序视图。

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 10-17 所示的“创建工序”对话框，按图 10-17 设置各选项。

- 在“类型”下拉列表中选择“mill_contour”。
- “工序子类型”选择第 1 行第 1 个图标。
- 在“程序”下拉列表中选择“CK_A1”。
- 在“几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”。
- 在“刀具”下拉列表中选择“D10”。
- 在“方法”下拉列表中选择“METHOD”。
- 在“名称”文本框中输入“CAV_ROU”。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 10-18 所示的“型腔铣”对话框。

2．选择切削方式和设置切削用量

在“型腔铣”对话框中，按图 10-18 所示进行用户参数设置。

- 在“切削模式”下拉列表中选择跟随周边。
- 在“步距”下拉列表中选择“刀具平直百分比”。
- 在“平面直径百分比”文本框中输入 65。
- 在“每刀的公共深度”下拉列表中选择“恒定”。
- 在“最大距离”文本框中输入 0.5。

3．设置切削层

在“型腔铣”对话框中，单击“切削层”按钮，系统弹出如图 10-19 所示的“切削层”对话框。单击“范围定义”选项组下的“列表”按钮，将列表展开，然后选择列表中的范围 4、范围深度 44.99，单击“移除”按钮，最后单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。



图 10-17 “创建工序”对话框



图 10-18 “型腔铣”对话框

4．设置切削参数

在“型腔铣”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出“切削参数”对话框。

1）单击“策略”选项卡，按图 10-20 所示设置各项参数：



图 10-19 “切削层”对话框



图 10-20 “策略”选项卡

- 在“切削顺序”下拉列表中选择“层优先”。
- 在“刀路方向”下拉列表中选择“向内”。

- 勾选“岛清根”复选框。
- 其他各项参数按默认值设定。

2）单击“余量”选项卡，按图 10-21 所示设置各项参数：

- 勾选“使底面余量与侧面余量一致”复选框。
- 在“部件侧面余量”中输入 0.2。
- 其他各项参数按默认值设定。

3）单击“更多”选项卡，按图 10-22 所示设置各项参数：

- 在“刀具夹持器”文本框中输入 1。
- 在“刀柄”文本框中输入 1。
- 其他各项参数按默认值设定。

单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

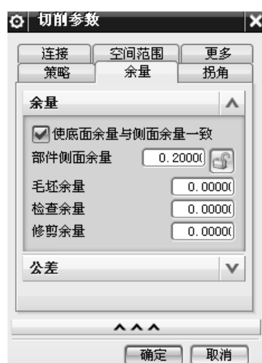


图 10-21 “余量”选项卡



图 10-22 “更多”选项卡

5．设置非切削移动

在“型腔铣”对话框中，单击“非切削移动”按钮，系统弹出“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削移动参数。

（1）设置进刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按图 10-23 所示设定各参数。

- 在“封闭区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“沿形状斜进刀”。
- 在“斜坡角”文本框中输入 1.5。
- 在“高度”文本框中输入 2。
- 在“开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“线性”。
- 在“长度”文本框中输入 5，单位选择“mm”。
- 在“高度”文本框中输入 2，单位选择“mm”。
- 在“最小安全距离”文本框中输入 5，单位选择“mm”。
- 其他选项依照默认值设定。

（2）设置退刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡，如图 10-24 所示。在“退刀”选项组下的“退刀类型”下拉列表中选择“抬刀”，在“高度”文本框中输入 2，单位选择“mm”，其他选项采用默认值。



图 10-23 “进刀”选项卡



图 10-24 “退刀”选项卡

（3）设置起点/钻点

在“非切削移动”对话框中，单击“起点/钻点”选项卡，如图 10-25 所示。在“区域起点”选项组下的“指定点”后的下拉列表中选择“控制点”，然后选择如图 10-26 所示的实体边缘，其他选项采用默认值。



图 10-25 “起点/钻点”选项卡

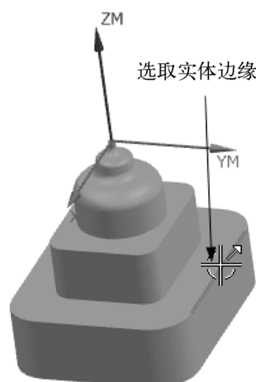


图 10-26 选取实体的边缘

（4）设置转移/快速

在“非切削移动”对话框中，单击“转移/快速”选项卡，按图 10-27 所示设定各参数。

- 在“区域之间”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“前一平面”。
- 在“安全距离”文本框中输入 2，单位选择“mm”。
- 在“区域内”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“前一平面”。
- 在“安全距离”文本框中输入 2，单位选择“mm”。
- 其他选项依照默认值设定。

当所有非切削移动参数设置完后，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

6．设置进给参数

单击“型腔铣”对话框中的“刀轨设置”选项栏下的“进给率和速度”按钮，系统弹出如图 10-28 所示的“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。



图 10-27 “转移/快速”选项卡



图 10-28 “进给率和速度”对话框

在“主轴速度”文本框中输入 12000，单击“主轴速度”选项组下的“更多”选项栏，将其展开，在“输出模式”下拉列表中选择“RPM”，“方向”下拉列表中选择“顺时针”。

在“切削”文本框中输入 8000，单位选择“mmpm”。单击“进给率”选项组下的“更多”选项栏，将“更多”选项组展开，在“进刀”文本框中输入 5000，单位选择“mmpm”，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“型腔铣”对话框。

7．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 10-29 所示。

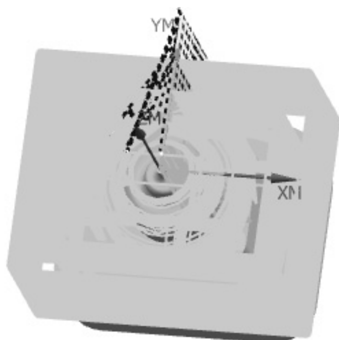


图 10-29　粗加工刀具路径

10.2.6 下层侧面半精加工

1．创建工序

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 10-30 所示的“创建工序”对话框，按图 10-30 设置各选项：

- 在“类型”下拉列表中选择“mill_planar”。
- 在“工序子类型”选择 PLANAR_MILL 即图标为。
- 在“程序”下拉列表中选择“CK_A1”。
- 在“几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”。
- 在“刀具”下拉列表中选择“D10”。
- 在“方法”下拉列表中选择“METHOD”。
- 在“名称”文本框中输入“XCM_SIMI_FIN”。

设置完后，单击“确定”按钮，系统弹出如图 10-31 所示的“平面铣”对话框。



图 10-30　“创建工序”对话框



图 10-31　“平面铣”对话框

2．创建几何体

（1）创建部件边界

在“平面铣”对话框中，单击“几何体”选项组将其展开，然后单击“指定部件边界”后的“选择或编辑部件边界”按钮，系统弹出如图 10-32 所示的“边界几何体”对话框。在“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出如图 10-33 所示的“创建边界”对话框。在“类型”下拉列表中选择“封闭的”，在“平面”下拉列表中选择“自动”，在“材料侧”下拉列表中选择“内部”，在“刀具位置”下拉列表中选择“相切”，然后选择如图 10-34 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。



图 10-32 “边界几何体”对话框



图 10-33 “创建边界”对话框

（2）设置底平面

在“平面铣”对话框中，单击“指定底面”后的“选择或编辑底平面几何体”按钮，系统弹出如图 10-35 所示的“平面”对话框。然后，选择如图 10-36 所示的实体表面，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

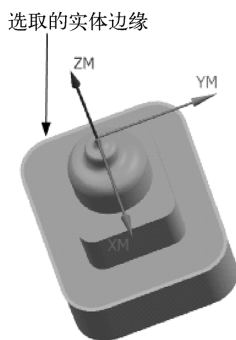


图 10-34 选取的实体边缘



图 10-35 “平面”对话框

3．选择切削方法和切削用量

在“平面铣”对话框中，在“切削模式”下拉列表中选择“轮廓加工”，在“步距”下

拉列表中选择“刀具平直百分比”，在“平面直径百分比”文本框中输入 50。

4．设置切削层

在“平面铣”对话框中，单击“切削层”按钮，系统弹出如图 10-37 所示的“切削层”对话框。在“类型”下拉列表中选择“恒定”，在“公共”文本框中输入 0.5，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

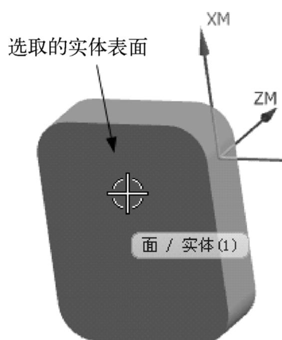


图 10-36　选取的实体表面



图 10-37　“切削层”对话框

5．设置切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出“切削参数”对话框。

1）单击“策略”选项卡，按图 10-38 所示设置各项参数：

- 设置“切削顺序”为“层优先”。
- “切削方向”为“顺铣”。
- “毛坯距离”为 0。
- 其他参数采用默认值。

2）选择“余量”选项卡，按图 10-39 所示设置各项参数：



图 10-38　“策略”选项卡

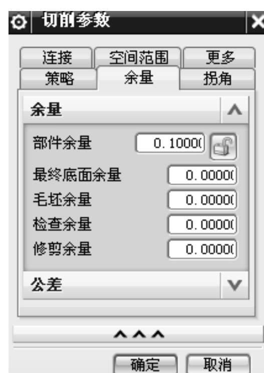


图 10-39　“余量”选项卡

- 在“部件余量”文本框中输入 0.1。
- 其他参数采用默认值。

3）单击“更多”选项卡，按图 10-40 所示设置各项参数：

- 在“刀具夹持器”文本框中输入 0.5。
- 在“刀柄”文本框中输入 0.5。
- 其他各项参数按默认值设定。

单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

6．设置非切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“非切削移动”按钮，系统弹出如图 10-41 所示的“非切削移动”对话框，在该对话框中设置非切削移动参数。



图 10-40 “更多”选项卡



图 10-41 “进刀”选项卡

（1）设置进刀方式

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按图 10-41 所示设定各参数。

- 在“开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“圆弧”。
- 在“半径”文本框中输入 5，单位选择“mm”。
- 在“圆弧角度”文本框中输入 90。
- 在“高度”文本框中输入 1，单位选择“mm”。
- 在“最小安全距离”文本框中输入 5，单位选择“mm”。
- 其他选项依照默认值设定。

（2）设置起点/钻点

在“非切削移动”对话框中，单击“起点/钻点”选项卡，如图 10-42 所示。在“区域起点”选项组下的“指定点”后的下拉列表中选择“圆弧中心”，然后选择如图 10-43 所示的实体边缘，其他选项采用默认值。

（3）设置转移/快速

在“非切削移动”对话框中，单击“转移/快速”选项卡，按图 10-44 所示设定各参数。

- 在“区域之间”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“直接”。
- 在“区域内”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“直接”。

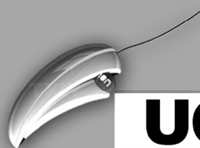




图 10-42 “起点/钻点”选项卡

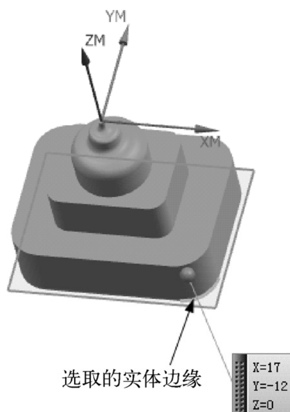


图 10-43 选取的实体边缘

● 其他选项依照默认值设定。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

7．设置进给和速度

在“平面铣”对话框中，单击“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。

在“主轴速度”文本框中输入 12000，单击“主轴速度”选项组下的“更多”选项栏，将其展开，在“输出模式”下拉列表中选择“RPM”，在“方向”下拉列表中选择“顺时针”。

在“切削”文本框中输入 8000，单位选择“mmpm”。单击“进给率”选项组下的“更多”选项栏将其展开，在“进刀”文本框中输入 5000，单位选择“mmpm”，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

8．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具路径如图 10-45 所示。



图 10-44 “转移/快速”选项卡

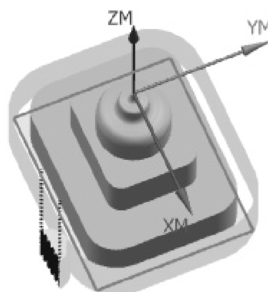


图 10-45 下层侧面半精加工刀具路径

10.2.7 下层侧面精加工

1．复制下层侧面半精加工

在操作导航器视图中选择上面所创建的下层侧面半精加工（CM_SIMI_FIN），单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，即可复制刀具路径 CM_SIMI_FIN。

2．粘贴刀具路径

在操作导航器视图中单击右键，在弹出的菜单中选择“粘贴”命令。在刀具路径 CM_SIMI_FIN 下将生成新的刀具路径 XCM_SIMI_FIN_COPY，新的刀具路径名称前有禁止符号，表示该路径需要重新生成。

3．修改刀具路径的名称

选择粘贴的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，刀具路径名称部分将出现方框，在方框内输入新的刀具路径名称：XCM_FIN。

4．编辑 XCM_FIN 加工操作

选择 XCM_FIN 刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，系统弹出“平面铣”对话框。

（1）重新指定部件边界

在”平面铣”对话框中，单击“几何体”选项组将其展开，然后单击“指定部件边界”后的“选择或编辑部件边界”按钮，系统弹出如图 10-46 所示的“编辑边界”对话框。单击“移除”按钮，删除以前的边界几何体，系统将弹出“边界几何体”对话框。在“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出“创建边界”对话框。选择如图 10-47 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“编辑边界”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。



图 10-46 “编辑边界”对话框

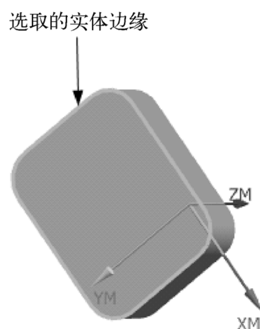


图 10-47 选取的实体边缘

（2）设置切削层

在“平面铣”对话框中，单击“切削层”按钮，系统弹出如图 10-48 所示的“切削层”对话框。在“类型”下拉列表中选择“用户定义”，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（3）设置切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出“切削参数”对话框。单击“余量”选项卡，按图 10-49 所示设置各项参数：



图 10-48 “切削层”对话框

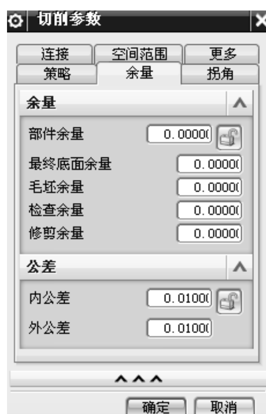


图 10-49 “余量”选项卡

- 在“部件余量”文本框中输入 0。
- 在“内公差”文本框中输入 0.01。
- 在“外公差”文本框中输入 0.01。
- 其他参数采用默认值。

单击“更多”选项卡，按图 10-50 所示设置各项参数。

- 在“刀具夹持器”文本框中输入 0。
- 在“刀柄”文本框中输入 0。
- 其他各项参数按默认值设定。

单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（4）设置非切削参数

在“平面铣”工序对话框中，单击“非切削移动”按钮，系统弹出如图 10-51 所示的“非切削移动”对话框。



图 10-50 “更多”选项卡



图 10-51 “进刀”选项卡

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按图 10-51 所示设定各参数。

- 在“封闭区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“插削”。
- 在“高度”文本框中输入 0.1，单位选择“mm”。
- 在“开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“与封闭区域相同”。
- 其他选项参数不变。

在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡，按图 10-52 所示设定各参数。

- 在“退刀”选项组下的“退刀类型”下拉列表中选择“抬刀”。
- 在“高度”文本框中输入 0，单位选择“mm”。
- 其他选项参数不变。

在“非切削移动”对话框中，单击“转移/快速”选项卡，按图 10-53 所示设定各参数。



图 10-52 “退刀”选项卡



图 10-53 “转移/快速”选项卡

- 在“区域之间”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“安全距离-刀轴”。
- 在“区域内”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“安全距离-刀轴”。
- 其他选项参数不变。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（5）设置进给和速度

在“平面铣”对话框中，单击“进给率和速度”按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。

在“切削”文本框中输入 800，单位选择“mmpm”。单击“进给率”选项组下的“更多”选项栏将其展开，在“进刀”文本框中输入 600，单位选择“mmpm”，其他选项参数不变，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（6）产生刀具路径

单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 10-54 所示。

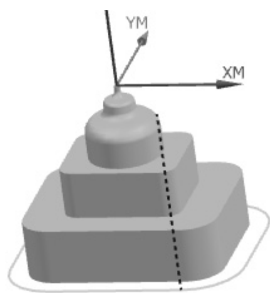


图 10-54 下层侧面精加工刀具路径

10.2.8 下层底面精加工

1．复制下层侧面精加工

在操作导航器视图中选择上面所创建的下层侧面精加工（XCM_FIN），单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，即可复制刀具路径 XCM_FIN。

2．粘贴刀具路径

在操作导航器视图中选择程序组“CK_A2”，单击右键，在弹出的菜单中选择“内部粘贴”命令。在程序组“CK_A2”下将生成新的刀具路径 XCM_FIN_COPY，新的刀具路径名称前有禁止符号，表示该路径需要重新生成。

3．修改刀具路径的名称

选择粘贴的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，刀具路径名称部分将出现方框，在方框内输入新的刀具路径名称：XDM_FIN。

4．编辑 XDM_FIN 加工操作

选择 XDM_FIN 刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，系统弹出“平面铣”对话框。

（1）重新指定部件边界

在“平面铣”对话框中，单击“几何体”选项组，将“几何体”选项组展开，然后单击“指定部件边界”后的“选择或编辑部件边界”按钮，系统弹出“编辑边界”对话框。单击“移除”按钮，删除以前的边界几何体，系统将弹出“边界几何体”对话框。“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出“创建边界”对话框。“刀具位置”下拉列表中选择“对中”，选择如图 10-55 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“编辑边界”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（2）重新选择底平面

在“平面铣”对话框中，单击“指定底面”后的“选择或编辑底平面几何体”按钮，系统弹出“平面”对话框。然后，选择如图 10-56 所示的实体表面，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

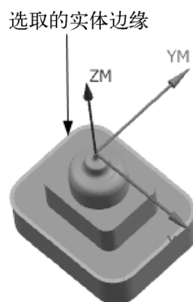


图 10-55　选取的实体边缘

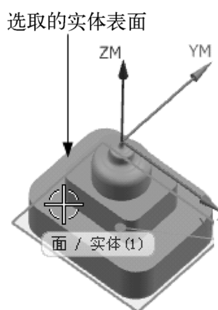


图 10-56　选取的实体表面

（3）确定切削用量

在“平面铣”对话框中，如图 10-57 所示，在“切削模式”下拉列表中选择“轮廓加

工”，在“步距”下拉列表中选择“恒定”，在“最大距离”文本框中输入 0.1，单位选择“mm”。



图 10-57 “平面铣”对话框

（4）设置切削层

在“平面铣”对话框中，单击“切削层”按钮，系统弹出“切削层”对话框。在“类型”下拉列表中选择“用户定义”，在“公共”文本框中输入 0.5，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（5）设置切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出如图 10-58 所示的“切削参数”对话框。单击“更多”选项卡，在“刀具夹持器”文本框中输入 0.5，在“刀柄”文本框中输入 0.5，其他各项参数按默认值设定。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（6）设置非切削参数

在“平面铣”工序对话框中，单击“非切削移动”按钮，系统弹出“非切削移动”对话框。

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按图 10-59 所示设定各参数。



图 10-58 “切削参数”对话框



图 10-59 “进刀”选项卡

- 在“封闭区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“沿形状斜进刀”。
- 在“斜坡角”文本框中输入 1.5。

● 在“高度”文本框中输入 1，单位选择“mm”。
● 在“高度起点”下拉列表中选择“前一层”。
● 在“开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“圆弧”。
● 在“半径”文本框中输入 5，单位选择“mm”。
● 其他选项参数不变。

在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡，按图 10-60 所示设定各参数。

● 在“退刀”选项组下的“退刀类型”下拉列表中选择“与进刀相同”。
● 其他选项参数不变。

在“非切削移动”对话框中，单击“转移/快速”选项卡，按图 10-61 所示设定各参数。



图 10-60 “退刀”选项卡



图 10-61 “转移/快速”选项卡

● 在“区域之间”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“直接”。
● 在“区域内”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“直接”。
● 其他选项参数不变。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（7）产生刀具路径

单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 10-62 所示。

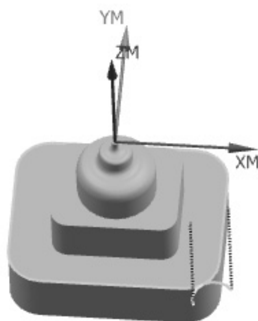


图 10-62 下层底面精加工刀具路径

10.2.9 中间侧壁精加工

1．复制下层底面精加工

在操作导航器视图中选择上面所创建的下层底面精加工（XDM_FIN），单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，即可复制刀具路径 XDM_FIN。

2．粘贴刀具路径

在操作导航器视图中选择程序组“CK_A2”，单击右键，在弹出的菜单中选择“内部粘

贴”命令。在刀具路径 XDM_FIN 下将生成新的刀具路径 XDM_FIN _COPY，新的刀具路径名称前有禁止符号⊘，表示该路径需要重新生成。

3．修改刀具路径的名称

选择粘贴的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，刀具路径名称部分将出现方框，在方框内输入新的刀具路径名称：ZCB_FIN。

4．编辑 ZCB_FIN 加工操作

选择 ZCB_FIN 刀具路径，单击右键，在弹出菜单中选择“编辑”命令，系统弹出“平面铣”对话框。

（1）重新指定部件边界

在“平面铣”对话框中，单击“几何体”选项组将其展开，然后单击“指定部件边界”后的“选择或编辑部件边界”按钮，系统弹出“编辑边界”对话框。单击“移除”按钮，删除以前的边界几何体，系统将弹出“边界几何体”对话框。在“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出“创建边界”对话框。在“材料侧”下拉列表中选择“内部”，在“刀具位置”下拉列表中选择“相切”，选择如图 10-63 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“编辑边界”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（2）确定切削用量

在“平面铣”对话框中，如图 10-64 所示，在“切削模式”下拉列表中选择“轮廓加工”，在“步距”下拉列表中选择“恒定”，在“最大距离”文本框中输入 0.08，单位选择“mm”，在“附加刀路”文本框中输入 1。

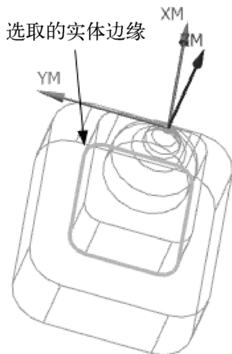


图 10-63　选取的实体边缘



图 10-64　“平面铣”对话框

（3）设置切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出如图 10-65 所示的“切削参数”对话框。单击“余量”选项卡，在“部件余量”文本框中输入 -0.08，其他各项参数按默认值设定。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（4）产生刀具路径

单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 10-66 所示。

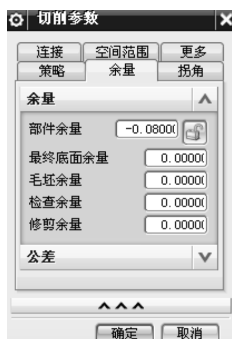


图 10-65 “切削参数”对话框

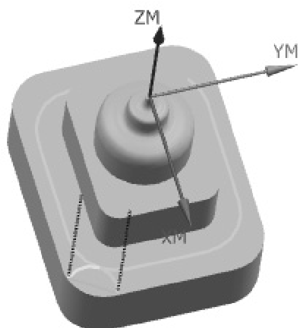


图 10-66 中间侧壁精加工刀具路径

10.2.10 中间底面精加工

1．复制中间侧壁精加工

在操作导航器视图中选择上面所创建的下层侧面精加工（ZCB_FIN），单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，即可复制刀具路径 ZCB_FIN。

2．粘贴刀具路径

在操作导航器视图中选择程序组“CK_A2”，单击右键，在弹出的菜单中选择“内部粘贴”命令。在刀具路径 ZCB_FIN 下将生成新的刀具路径 ZCB_FIN _COPY，新的刀具路径名称前有禁止符号⊘，表示该路径需要重新生成。

3．修改刀具路径的名称

选择粘贴的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，刀具路径名称部分将出现方框，在方框内输入新的刀具路径名称：ZJCM_FIN。

4．编辑 XDM_FIN 加工操作

选择 ZJCM_FIN 刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，系统弹出“平面铣”对话框。

（1）重新指定部件边界

在“平面铣”对话框中，单击“几何体”选项组将其展开，然后单击“指定部件边界”后的“选择或编辑部件边界”按钮，系统弹出“编辑边界”对话框。单击“移除”按钮，删除以前的边界几何体，系统将弹出“边界几何体”对话框。在“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出“创建边界”对话框。在“刀具位置”下拉列表中选择“对中”，选择如图 10-67 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“编辑边界”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（2）重新选择底平面

在“平面铣”对话框中，单击“指定底面”后的“选择或编辑底平面几何体”按钮，系统弹出“平面”对话框。然后选择如图 10-68 所示的实体表面，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（3）设置切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出如图 10-69 所示的“切

削参数”对话框。单击“余量”选项卡，在“最终底面余量”文本框中输入-0.08，其他各项参数按默认值设定。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

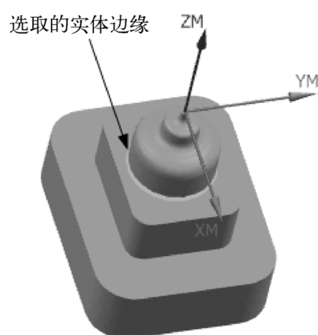


图 10-67 选取的实体边缘

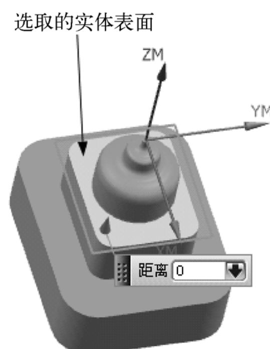


图 10-68 选取的实体表面

（4）产生刀具路径

单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具路径如图 10-70 所示。



图 10-69 “切削参数”对话框

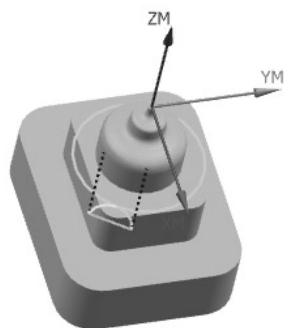


图 10-70 中间底面精加工刀具路径

10.2.11 顶面精加工

1．复制中间底面精加工

在操作导航器视图中选择上面所创建的下层侧面精加工（ZJCM_FIN），单击右键，在弹出的菜单中选择“复制”命令，即可复制刀具路径 ZJCM _FIN。

2．粘贴刀具路径

在操作导航器视图中选择程序组“CK_A3”，单击右键，在弹出的菜单中选择“内部粘贴”命令。在程序组“CK_A3”下将生成新的刀具路径 ZJCM _FIN _COPY，新的刀具路径名称前有禁止符号，表示该路径需要重新生成。

3．修改刀具路径的名称

选择粘贴的刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“重命名”命令，刀具路径名称

部分将出现方框，在方框内输入新的刀具路径名称：DM_FIN。

4．编辑 XDM_FIN 加工操作

选择 DM_FIN 刀具路径，单击右键，在弹出的菜单中选择“编辑”命令，系统弹出“平面铣”对话框。

（1）重新指定部件边界

在“平面铣”对话框中，单击“几何体”选项组将其展开，然后单击“指定部件边界”后的“选择或编辑部件边界”按钮，系统弹出“编辑边界”对话框。单击“移除”按钮，删除以前的边界几何体，系统将弹出“边界几何体”对话框。在“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出如图 10-71 所示的“创建边界”对话框。在“类型”下拉列表中选择“开放的”，在“平面”下拉列表中选择“自动”，在“材料侧”下拉列表中选择“右”，在“刀具位置”下拉列表中选择“对中”，然后设置第 10 层为可选层，选择如图 10-72 所示的曲线，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“编辑边界”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。



图 10-71 “创建边界”对话框

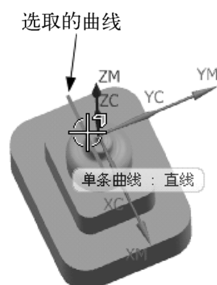


图 10-72 选取的曲线

（2）重新选择底平面

在“平面铣”对话框中，单击“指定底面”后的“选择或编辑底平面几何体”按钮，系统弹出“平面”对话框。然后选择实体顶面，单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（3）确定切削用量

在“平面铣”对话框中，如图 10-73 所示，在“切削模式”下拉列表中选择“轮廓加工”，在“步距”下拉列表中选择“刀具平直百分比”，在“平面直径百分比”文本框中输入 50，在“附加刀路”文本框中输入 1。

（4）设置切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出如图 10-74 所示的“切削参数”对话框。单击“更多”选项卡，在“刀具夹持器”文本框中输入 0，在“刀柄”文本框中输入 0，其他各项参数值不变。单击“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（5）设置非切削参数

在“平面铣”对话框中，单击“非切削移动”按钮，系统弹出“非切削移动”对话框。



图 10-73 “平面铣”对话框



图 10-74 “切削参数”对话框

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，按图 10-75 所示设定各参数。

- 在“封闭区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“插削”。
- 在“高度”文本框中输入 0.1，单位选择“mm”。
- 在“高度起点”下拉列表中选择“前一层”。
- 在“开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“与封闭区域相同”。
- 其他选项参数不变。

在“非切削移动”对话框中，单击“退刀”选项卡，按图 10-76 所示设定各参数。



图 10-75 “进刀”选项卡



图 10-76 “退刀”选项卡

- 在“退刀”选项组下的“退刀类型”下拉列表中选择“抬刀”。
- 其他选项参数不变。

在“非切削移动”对话框中，单击“转移/快速”选项卡，按图 10-77 所示设定各参数。

- 在“区域之间”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“安全距离-刀轴”。
- 在“区域内”选项组下的“转移类型”下拉列表中选择“安全距离-刀轴”。
- 其他选项参数不变。

当所有非切削移动参数设置完后（其中很多选项采用默认值），单击“非切削移动”对话框中的“确定”按钮，系统返回到“平面铣”对话框。

（6）产生刀具路径

单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 10-78 所示。



图 10-77 “非切削移动”对话框 3

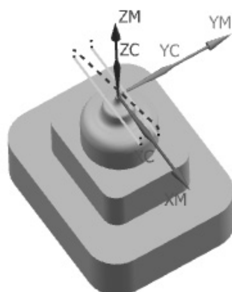


图 10-78 顶面精加工刀具路径

10.2.12 顶部曲面半精加工

1．创建工序

单击“插入”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出如图 10-79 所示的“创建工序”对话框，按图 10-79 设置各选项：

- 在“类型”的下拉列表中选择“mill_contour”。
- 在“工序子类型”选项选择第 1 行第 5 个图标。
- 在“程序”下拉列表中选择“CK_A4”。
- 在“几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”。
- 在“刀具”下拉列表中选择“D10”。
- 在“方法”下拉列表中选择“METHOD”。
- 在“名称”文本框中输入“CAV_SIMI_FIN”。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 10-80 所示的“深度加工轮廓”对话框。



图 10-79 “创建工序”对话框



图 10-80 “深度加工轮廓”对话框

2．指定切削区域

单击“深度加工轮廓”对话框中的“几何体”选项组将其展开，然后单击“指定切削区域”后的“选择或编辑切削区域几何体”按钮，系统弹出如图 10-81 所示的“切削区域”对话框。选择如图 10-82 所示的实体表面，单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。



图 10-81 “切削区域”对话框

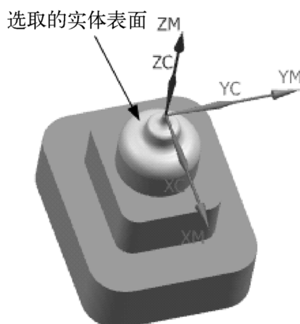


图 10-82 选取的实体表面

3．设置切削深度

在“深度加工轮廓”对话框中，按图 10-80 所示设置用户参数。

- 在“合并距离”文本框中输入 2。
- 在“最小切削长度”文本框中输入 0.5。
- 在“每刀的公共深度”下拉列表中选择“恒定”。
- 在“最大距离”文本框中输入 0.2。
- 其他选项采用默认值。

4．设置切削层

在“深度加工轮廓”对话框中，单击“切削层”按钮，系统弹出如图 10-83 所示的“切削层”对话框。单击“添加新集”按钮，选择如图 10-84 所示的边缘；再单击“添加新集”按钮，选择如图 10-85 所示的边缘，在“每刀的深度”文本框中输入 0.02；再单击“添加新集“按钮，选择如图 10-86 所示的边缘，在“每刀的深度”文本框中输入 0.02；接下来用相同的方式添加范围深度，结果如图 10-87 所示。最后单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。

5．设置切削参数

在“深度加工轮廓”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出“切削参数”对话框。

（1）设置策略

单击“策略”选项卡，按图 10-88 所示设置各项参数：

- 在“切削顺序”下拉列表中选择“深度优先”。
- 在“切削方向”下拉列表中选择“顺铣”。
- 勾选“在边缘滚动刀具”复选框。



图 10-83 “切削层”对话框

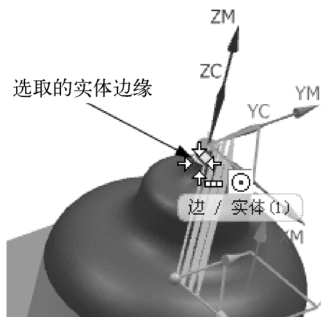


图 10-84 选取的实体边缘 1

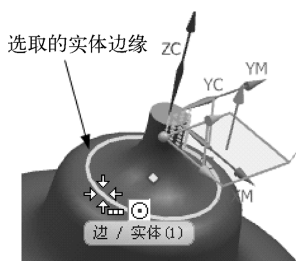


图 10-85 选取的实体边缘 2

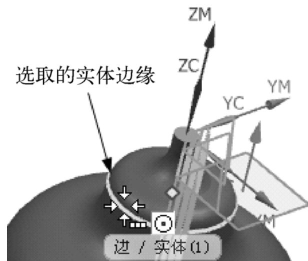


图 10-86 选取的实体边缘 3



图 10-87 “切削层”对话框

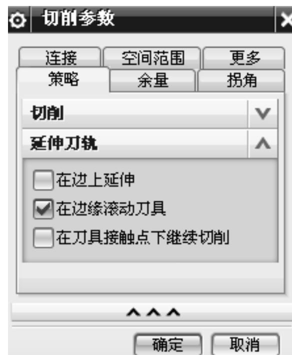


图 10-88 “策略”选项卡

● 其他参数采用默认值。

（2）设置连接

单击“连接”选项卡，按图 10-89 所示设置各项参数：

● 在“层到层”下拉列表中选择“沿部件交叉斜进”。
● 在“倾斜角度”文本框中输入 3。
● 其他参数采用默认值。

（3）设置更多

单击“更多”选项卡，按图 10-90 所示设置各项参数：



图 10-89 “连接”选项卡



图 10-90 “更多”选项卡

● 在“刀具夹持器”文本框中输入 0.5。
● 在“刀柄”文本框中输入 0.5。
● 其他各项采用默认值变。

当上述参数设置完后，单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。

6．设置非切削移动

在“深度加工轮廓”对话框中，单击“非切削移动”按钮，系统弹出“非切削移动”对话框， 单击“进刀”选项卡，按图 10-91 所示设定各参数。

● 在“封闭区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“沿形状斜进刀”。
● 在“斜坡角”文本框中输入 3。
● 在“高度”文本框中输入 1，单位选择“mm”。
● 在“高度起点”下拉列表中选择“前一层”。
● 在“开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“圆弧”。
● 在“半径”文本框中输入 5，单位选择“mm”。
● 在“圆弧角度”文本框中输入 90。
● 在“高度”文本框中输入 1，单位选择“mm”。
● 在“最小安全距离”文本框中输入 5，单位选择“mm”。
● 其他选项依照默认值设定。

当所有非切削移动参数设置完后，单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。

7．设置进给参数

单击“深度加工轮廓”对话框中的“刀轨设置”选项栏下的“进给率和速度”按钮

，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。

在“主轴速度”文本框中输入 12000，单击展开“主轴速度”选项组下的“设置”选项栏，在“输出模式”下拉列表中选择“RPM”，在“方向”下拉列表中选择“顺时针”。

在“切削”文本框中输入 2500，单位选择“mmpm”。单击展开“进给率”选项组下的“更多”选项栏，在“进刀”文本框中输入 1000，单位选择“mmpm”，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“深度加工轮廓”对话框。

8．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）单击“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 10-92 所示。



图 10-91 “非切削移动”对话框

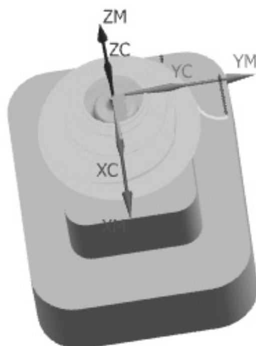


图 10-92 “进给和速度”对话框

10.2.13 顶部曲面精加工

1．创建固定轴曲面轮廓铣

单击“刀片”工具条中的“创建工序”按钮，系统弹出“创建工序”对话框，按图 10-93 设置各选项。

- 在“类型”下拉列表中选择“mill_contour”。
- 在“工序子类型”选项选择第 2 行第 1 个图标，即固定轮廓铣。
- 在“程序”下拉列表中选择“CK_A4”。
- 在“几何体”下拉列表中选择“WORKPIECE”。
- 在“刀具”下拉列表中选择“R2”。
- 在“方法”下拉列表中选择“METHOD”。
- 在“名称”文本框中输入“FIXED_FIN”。

单击“确定”或者“应用”按钮，系统弹出如图 10-94 所示的“固定轮廓铣”对话框。



图 10-93 “创建工序”对话框



图 10-94 “固定轮廓铣”对话框

2．确定驱动方式

在“固定轮廓铣”对话框中，“驱动方式”选项组下的“方法”下拉列表中选择“边界”，然后单击“编辑”按钮，系统弹出如图 10-95 所示的“边界驱动方式”对话框。单击“指定驱动几何体”后的“选择或编辑驱动几何体”按钮，系统弹出如图 10-96 所示的“边界几何体”对话框。在“模式”下拉列表中选择“曲线/边”，系统弹出如图 10-97 所示的“创建边界”对话框。在“刀具位置”下拉列表中选择“相切”，选择如图 10-98 所示的实体边缘，单击“确定”按钮，系统返回到“边界几何体”对话框。单击“确定”按钮，系统返回到“边界驱动方式”对话框。最后设置各项参数，按图 10-95 设置各选项。



图 10-95 “边界驱动方法”对话框



图 10-96 “边界几何体”对话框



图 10-97 “创建边界”对话框

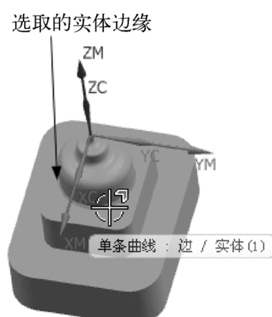


图 10-98 选取的实体边缘

- 在“偏置”选项组下的“边界偏置”文本框中输入-3。
- 在“空间范围”选项组下的“部件空间范围”下拉列表中选择“最大的环”。
- 在“切削模式”下拉列表中选择“跟随周边”。
- 在“刀轨方向”下拉列表中选择“向外”。
- 在“切削方向”下拉列表中选择“顺铣”。
- 在“步距”下拉列表中选择“恒定”。
- 在“最大距离”文本框中输入 0.02，单位选择“mm”。
- 其他选项采用默认值。

单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

3．设置切削参数

在“固定轮廓铣”对话框中，单击“切削参数”按钮，系统弹出“切削参数”对话框。

单击“策略”选项卡，按图 10-99 所示设置各项参数：选中“在边上延伸”复选框，在“距离”文本框中输入 3，单位选择“mm”；选中“在边缘滚动刀具”复选框；其他参数按默认值设置。

单击“余量”选项卡，按图 10-100 所示设置各项参数：在“部件余量”文本框中输入-0.08，其他参数按默认值设置。



图 10-99 “策略”选项卡



图 10-100 “余量”选项卡

单击“安全设置”选项卡，按图 10-101 所示设置各项参数：在“刀具夹持器”文本框中输入 1；在“刀柄”文本框中输入 1；其他各项参数按默认值设定。

单击“更多”选项卡，按图 10-102 所示设置各项参数：在“最大步长”文本框中输入 0.1，单位选择“mm”；其他参数按默认值设置。单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。



图 10-101 “安全设置”选项卡



图 10-102 “更多”选项卡

4．设置非切削移动

在“固定轮廓铣”对话框中，单击“非切削移动”按钮，系统弹出“非切削移动”对话框。

在“非切削移动”对话框中，单击“进刀”选项卡，如图 10-103 所示，在“开放区域”选项组下的“进刀类型”下拉列表中选择“圆弧-相切逼近”，其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“固定轮廓铣”对话框。

5．设置进给参数

单击“固定轴轮廓”对话框中的“刀轨设置”选项栏下的“进给和速度”后的按钮，系统弹出“进给率和速度”对话框。在该对话框中设置进给速度和主轴转速。

在“主轴速度”文本框中输入 13000，在“切削”文本框中输入 500，单位选择“mmpm”。其他参数采用默认值，单击“确定”按钮，系统返回到“固定轴轮廓”对话框。

6．产生刀具路径

1）单击“操作”选项组下的“生成”按钮产生刀具路径，观察刀具路径的特点。

2）选择“确定”按钮，接受生成的刀具路径，刀具轨迹如图 10-104 所示。



图 10-103 “非切削移动”对话框

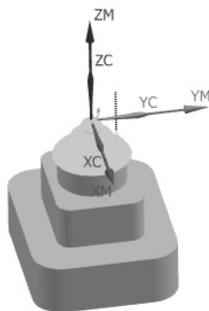
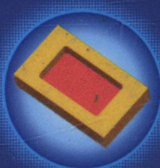


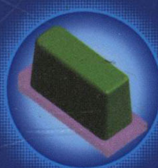
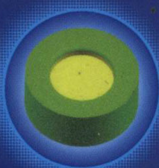
图 10-104 顶部曲面精加工刀具路径

在线互动交流平台

官方微博：http://weibo.com/cmpjsj
官方博客：http://blog.sina.com.cn/cmpbookjsj
读者信箱：cmp_itbook@163.com

UG NX 8.5数控加工入门与实例精讲 第2版



SolidWorks系列
AutoCAD系列
Creo 系列
UG系列
CATIA系列
MATLAB系列
ANSYS系列
Mastercam系列

UG系列已出版

- UG NX 8.5数控加工入门与实例精讲 第2版
- UG NX 9.0中文版从入门到精通
- 精通UG NX 9.0机械设计
- UG NX 9.0基础教程
- UG NX 9.0入门·进阶·精通
- UG NX 8.5模具设计入门与提高
- UG NX 8.5数控加工入门与提高
- UG NX 8.5入门与范例精通
- UG NX 8.0中文版数字样机技术及其应用实例（入门与提高）
- UG NX 8.0完全自学手册 第2版
- UG NX 8.0典型实例解析 第3版
- UG NX 7.5基础应用与范例解析 第3版
- UG NX 7.5完全自学手册
- UG NX 7.0新手入门与范例精通
- UG NX 7.0模具设计从入门到精通
- UG NX 7.0有限元分析入门与实例精讲
- UG NX 6数控加工入门与实例精讲
- UG NX 6典型实例解析 第2版
- UG NX 5.0 CAM实例解析
- UG 5.0典型实例解析
- UG NX 4.0基础应用与范例解析 第2版

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版


机械工业出版社微信服务号


计算机分社微信服务号

上架指导 计算机/辅助设计

ISBN 978-7-111-48765-4

策划编辑◎ 张淑谦 / 封面设计◎



ISBN 978-7-111-48765-4



定价:65.00元（含1CD）